

# Konstrukce vstřikovací formy dílu krytu inhalátoru

Klára Fučíková

---

Bakalářská práce  
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Klára Fučíková</b>
Osobní číslo:	<b>T17175</b>
Studijní program:	<b>B3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Technologická zařízení</b>
Forma studia:	<b>Prezenční</b>
Téma práce:	<b>Konstrukce vstříkovací formy dílu krytu inhalátoru</b>

### Zásady pro vypracování

- 1) Vypracujte literární studii na dané téma.
- 2) Nakreslete model daného dílu ve 3D.
- 3) Proveďte konstrukci vstříkovací formy pro zadaný dílu.
- 4) Nakreslete 2D sestavu vstříkovací formy.

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

- ZEMAN, L. 2009. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN.  
DUCHÁČEK, V. Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT v Praze, 2006  
BOBČÍK, L. a kol. Formy pro zpracování plastů: L.díl ? Vstřikování termoplastů. Brno: Uniplast, 1999.  
KERKSTRA, Randy a Steve BRAMMER. Injection molding advanced troubleshooting guide. Munich: Hanser Publishers, 2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Šenkeřík, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlině dne 10. února 2020

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Klára Fučíková

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je konstrukčním návrhem vstříkovací formy pro kryt inhalátoru. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou.

Teoretická část se zabývá literární studií o základních informacích o polymerech, technologii vstříkování a základech konstrukce vstříkovacích forem.

V praktické části je řešena samotná konstrukce modelu a návrh vstříkovací formy s příslušnou výkresovou dokumentací. Konstrukce byla řešena v programu CATIA V5R20 a byly použity normy od firmy Hasco.

Klíčová slova: vstříkování, konstrukce, vstříkovací forma

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor's thesis is construction design injection mold for inhaler cover. The bachelor's thesis is divided into theoretical part and practical part.

The theoretical part deals with a literature study of basic information about polymers, injection molding technology and the basics/fundamentals of injection mold construction.

The practical part deals with the construction of the model and the design of the injection mold with the appropriate drawing documentation. The design was solved in the CATIA V5R20 program and standards from the Hasco company were used.

Keywords: injection, construction, injection mold,

Chtěla bych poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Vojtěchu Šenkeříkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a čas strávený při vedením této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 POLYMERY.....</b>	<b>11</b>
1.1 TERMOPLASTY .....	12
1.2 REAKTOPLASTY.....	12
1.3 ELASTOMERY, KAUKYKY .....	13
1.4 TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY .....	13
1.5 ZPRACOVÁNÍ POLYMERŮ.....	13
1.5.1 Plniva.....	14
1.5.2 Stabilizátory .....	14
1.5.3 Retardéry .....	14
1.5.4 Změkčovadla .....	14
1.6 PŘÍPRAVA POLYMERŮ PŘED VSTŘIKOVÁNÍM .....	14
1.6.1 Sušení .....	14
1.6.2 Barvení .....	15
<b>2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....</b>	<b>16</b>
2.1 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS .....	16
2.2 TOK MATERIÁLU .....	17
2.3 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
<b>3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>20</b>
3.1 JAKOST VÝROBKU .....	20
3.2 SMRŠTĚNÍ VÝROBKU .....	20
3.3 VADY VÝROBKU.....	21
<b>4 VSTŘIKOVACÍ FORMA .....</b>	<b>25</b>
4.1 NÁSOBNOST FORMY .....	25
4.2 VTOKOVÝ SYSTÉM .....	25
4.2.1 Studené vtokové systémy .....	25
4.2.2 Vyhřívané (horké) vtokové systémy .....	27
4.3 TEMPEROVÁNÍ FOREM .....	29
4.4 VYHAZOVCÍ SYSTÉM.....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>33</b>
<b>5 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>34</b>
<b>6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK.....</b>	<b>35</b>
6.1 MATERIÁL VSTŘIKOVANÉHO VÝROBKU .....	35
<b>7 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY A DATABÁZE.....</b>	<b>36</b>

7.1	CATIA V5R20 .....	36
7.2	HASCO KATALOG .....	36
<b>8</b>	<b>KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY.....</b>	<b>37</b>
8.1	ZAFORMOVÁNÍ VÝROBKU.....	37
8.2	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY .....	37
8.3	NÁSOBNOST .....	38
8.4	VTKOVÝ SYSTÉM .....	39
8.5	TEMPERAČNÍ SYTÉM.....	40
8.6	ODVZDUŠNĚNÍ.....	41
8.7	VYHAZOVACÍ SYSTÉM.....	42
8.8	TRANSPORTNÍ ZAŘÍZENÍ .....	43
8.9	SESTAVA .....	43
<b>9</b>	<b>VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE .....</b>	<b>45</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>53</b>



## ÚVOD

Polymerní materiály v dnešní době mají své místo v mnoha odvětví průmyslové výroby, díky svým vlastnostech, cenové dostupnosti a možnostech zpracování. Hlavním důvodem je nahrazování výrobků z oceli, dřeva, skla a keramiky. Technologie vstřikování také umožňuje ekonomičtější výrobu, kdy hlavním důvodem je „maximální“ využití použitého materiálu s minimálním vznikem „odpadu“. Uplatnění najde ve všech oblastech dnešního průmyslu s požadovanými vlastnostmi a jakostí. Možnou nevýhodou je nákladnější výroba formy a proto se tato technologie uplatňuje v hromadné a velkosériové výrobě. Vstřikování je komplikovaný výrobní proces, na který má zásadní vliv několik faktorů: použitý materiál, kvalita formy a použitý vstřikovací stroj.

V poslední době je kladený důraz na ekologii ve všech oblastech života, kdy se tato problematika nevyhnula ani technologií vstřikování u které se zvyšují požadavky na využití recyklátu při výrobě. Legislativní tlak v dnešní době tlačí výrobce do používání i méně vhodných recyklátů, kdy nutí výrobce vyrábět z kelímku automobilový nárazník. Tato problematika není, ale součástí této bakalářské práce.

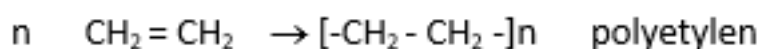
Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí vstřikovacích forem, v teoretické části řeší polymerní materiály, základy technologie vstřikování a vstřikovacích forem obecně. Praktická část se zabývá samotnou konstrukcí formy krytu inhalátoru v programu CATIA V5R20 a s využitím normálií od firmy Hasco.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYMERY

Jedná se makromolekulární látky přírodního nebo syntetického původu. V makromolekulárním řetězci se mnohonásobně opakuje základní látka monomer. Makromolekuly jsou tvořeny převážně ze základních stavebních jednotek merů molekul atomů uhlíku, vodíku, kyslíku, dále mohou obsahovat dusík, chlor, fluor a další prvky. Tato struktur a umožňuje neobyčejnou proměnlivost struktur a tím i vlastností výsledných látek. [1]

Polymery vznikají pomocí chemických reakcí a to polymerací, polyadící a polykondenzací.

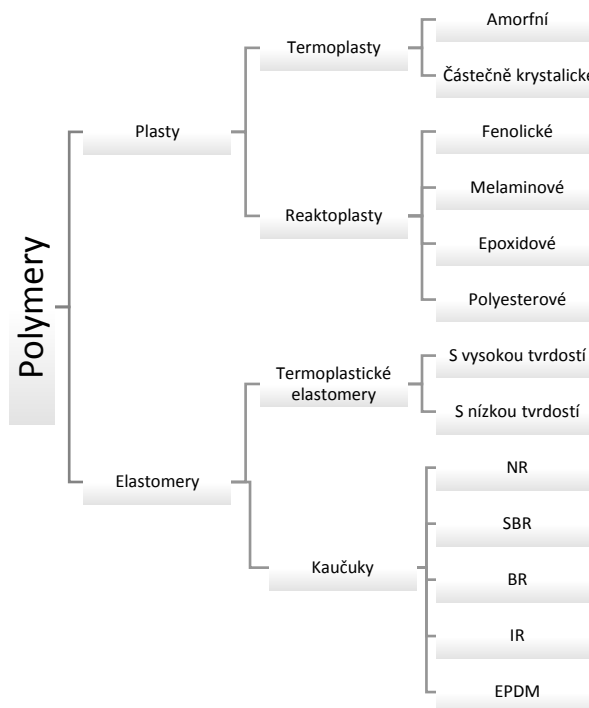


*Obr. 1 Příklad chemické reakce polymerace [1]*

Polymerní látky, hlavně málo větvené a lineární jsou schopny částečné krystalizace z velmi zředěných roztoků nebo z taveniny. Části molekul se spolu se skládají a vytváří pravidelnou prostorovou strukturu. Částečná krystalizace je stav, kdy mezi krystalicky uspořádanou strukturou se nachází i amorfní neuspořádaná struktura. Této struktuře se také říká semikrystalická struktura.

Amorfní polymery nemají schopnost samovolného uspořádání při přechodu z kapalného stavu do tuhého stavu a řetězce zůstávají nepravidelné, v neuspořádaném stavu. Všechny polymery v kapalném stavu mají amorfní strukturu.

Částečně krystalické i amorfní polymery jsou makromolekuly, vzájemně svázané mezimolekulárními silami. Na intenzitě těchto sil jsou zejména závislé mechanické vlastnosti daného polymeru. [2]



Obr. 2 Rozdělení polymerů [2]

## 1.1 Termoplasty

Termoplasty se rozdělují na amorfni a semikrystalické. Jedná se o polymerní materiály, které přecházení do plastického (tekutého) stavu působením tepla a smykových sil. V plastickém stavu se dají termoplasty snadno zpracovávat různými technologiemi. Po překročení teploty tání  $T_m$  (semikrystalické termoplasty) nebo  $T_f$  (amorfni plasty) přecházejí do tuhého stavu. Termoplasty je možné působením tepla opět převést do taveniny a znovu tvarovat protože při přechodu do jiných skupenství nedochází k chemickým vazbám, takzvaného zesíťování ale k fyzikálním vazbám. [1,5]

## 1.2 Reaktoplasty

U reaktoplastů, dříve označovaných i jako termosety, jedná se o prostorově zesíťované polymery, dochází k chemickým reakcím, které nastávají pod vlivem tepla a tlaku nebo za působení katalyzátoru. V první fázi měknou a dají se tvářet, ale od okamžiku zesíťování se stávají netavitelné a nerozpustné, nedají se znovu tvarovat jako termoplasty, protože děj

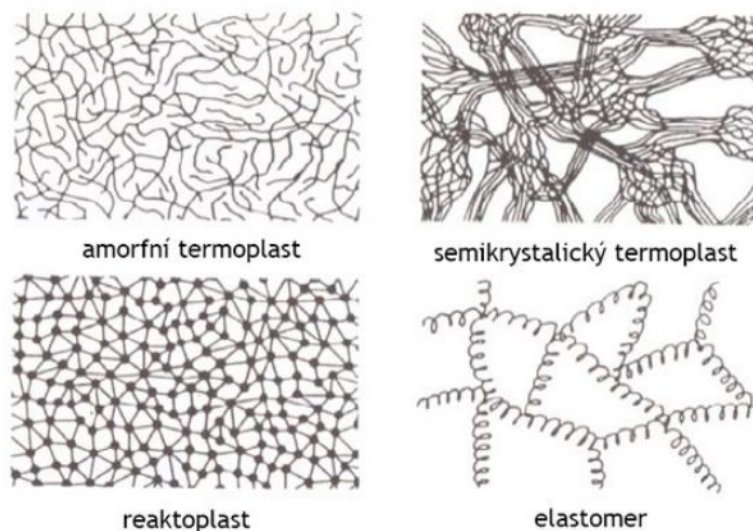
zesíťování je nevratný. S tím souvisí i obtížná recyklace. Reaktoplasty se vyznačují vysokou chemickou a tepelnou odolností, tvrdostí a tuhostí. [1,4]

### 1.3 Elastomery, Kaučuky

Vysoce elastické polymerní materiály, u kterých složky v první fázi působením tepla měknou, lze tvářet po omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci, prostorovému zesíťování, takzvané vulkanizaci.

### 1.4 Termoplastické elastomery

U termoplastických elastomerů nedochází ke změnám v chemické struktuře, dochází pouze k fyzikálním vazbám, takže se děj zahřívání a ochlazování dá opakovaně provádět. Tyto materiály mají vlastnosti jako termoplasty i jako elastomery



Obr. 3 Nadmolekulární struktura polymerů [7]

### 1.5 Zpracování polymerů

Polymery v základním čistém stavu nelze pro většinu využití zpracovávat pro danou aplikaci z důvodu neodpovídajících vlastností, proto se do nich přidávají další materiály, buďto v pevném nebo kapalném skupenství. Vzniklé směsi jsou obvykle ve formě granulátů, prášků, kapalin, past. Upravují se přidáním vhodných přísad a plniv. Nejčastěji to jsou plniva (aditiva) pro zvýšení stability taveniny, zlepšení tokových vlastností taveniny, pro dosažení rovnoměrné a jemné krystalické struktury u částečně krystalických materiálů. [2]

### 1.5.1 Plniva

Zlepšují vlastnosti polymerního materiálu např. tvrdost, tuhost, tvarovou stálost, viskozitu a další. Polymerní materiály s plnivými se nazývají kompozitní, protože se skládají ze dvou a více materiálů zcela odlišných vlastností. Kompozitní materiál se skládá z matrice-pojiva a výtzuže. Plniva se používají částicová, vyztužující a nanoplňiva. [2]

### 1.5.2 Stabilizátory

Úkolem stabilizátorů je zabránit degradačním procesům vlivem tepla nebo slunečního záření, zlepšit odolnost ke zvýšeným teplotám.

- Termooxidační- zvyšují odolnost vstřikovaného materiálu k termooxidačnímu stárnutí, zvýšit hranici teploty a doby použití vstříku za dané teploty.
- UV stabilizátory- zvyšují odolnost k atmosférickému stárnutí čímž prodlužují životnost vstříků, absorbují nežádoucí část spektra slunečního záření, která způsobuje degradační procesy v polymeru, nesmějí propouštět světlo o vlnové délce 300 až 400 nm. [2,3]

### 1.5.3 Retardéry

Snižují hořlavost termoplastů, jsou účinné při vyšších koncentracích (5 až 30%), a proto mají vliv i na zpracovatelské vlastnosti.

### 1.5.4 Změkčovadla

Jejich účelem je snížit tuhost a tvrdost, zvýšit ohebnost, tažnost a houževnatost zchladnutého polymeru. Nejčastěji se používají u polyvinylchloridu, nejčastěji ve formě ftalátů. Změkčovadla jsou hydrofobní molekuly, vmísí se mezi molekuly polymeru a tím sníží van der Waalsovy síly a polymer dostane požadované vlastnosti uvedené výše. [2]

## 1.6 Příprava polymerů před vstřikováním

Nejčastěji se vstřikují termoplasty a termoplastické elastomery.

### 1.6.1 Sušení

Určení obsahu vlhkosti patří mezi hlavní požadavek jakosti termoplastů, jejich granulátu, určených ke vstřikování. Vlhkost se určí při vstupní kontrole před vstřikováním a kontrole

účinnosti sušení. Pro určení maximální povolené vlhkosti v granulátu se vychází z údajů od výrobce (materiálové listy, databáze). [2,3]

Skutečný obsah vody v granulátu závisí na relativní vlhkosti a teplotě prostředí, kde je materiál uskladněn. Důležité je také dát pozor na teplotní změny (změna rosného bodu) při přemístění granulátu ze skladu do vstřikovny. Obvykle při přemístění dochází k vysrážení povrchové vlhkosti na povrch granulátu, kterou je také zapotřebí před zpracováním odstranit. Tento jev je závislý na tvaru a velikosti granulátu. Práškové materiály navlhají rychleji než granuláty ve tvaru válečků, čoček podobně. Někteří dodavatelé dodávají materiál už vysušený a hermeticky uzavřený v příslušných obalech. Za předpokladu neporušení obalu je možné tyto materiály zpracovávat bez přesušení. [2]

Je-li polymer navlhavý, nasákavý nebo byl vyráběn suspenzní nebo emulzní polymerací, při výrobě došel ke styku s vodou, musí se před samotným zpracováním sušit, aby měl požadované vlastnosti pro výrobu. [8]

### 1.6.2 Barvení

Barvení slouží k dosažení požadovaného odstínu a kryvosti polymerního materiálu. Pigmenty a barviva jsou v polymerech nerozpustné, podle původu se dají dělit na anorganické, organické a kovové prášky (bronzy). Ty mohou působit jako nukleační činidlo, vyvolávající při aplikaci u téhož polymeru různé smrštění výstřiku. Aplikují se buď při výrobě vstřikovaného materiálu u výrobce, nebo ve formě barevných koncentrátů do tak zvaného přírodního materiálu přímo na vstřikovací stroji u zpracovatele granulátů. Barevný koncentrát, jehož základem je tzv. nosič-plast, obsahující 20krát až 100krát více pigmentů a barviv, než přírodní granulát. Barevný koncentrát je dodáván buď na tzv. univerzálním nosiči (PE vosky), nebo je namíchán a zgranulován přímo na polymeru, který bude obarvovat. To je výhodnější kvůli neovlivnění vlastností výstřiku ve srovnání s nebarveným dílem. [2]

Základním požadavkem na barevné koncentráty je tepelná stálost, musí odolat výrobním podmínkám beze změny. Obecně platí, že anorganické pigmenty jsou z tepelného hlediska stálejší než organické. Dále je kladen požadavek na odolnost proti UV záření, povětrnostní stálost a zdravotní nezávadnost. [2]

## 2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Technologií vstřikování se zpracovávají téměř všechny druhy termoplastu a menší míře i nějaké reaktoplasty a elastomery. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky složitých tvarů s velmi dobrou tvarovou i rozměrovou přesností. Technologií vstřikování se vyrábějí výrobky pro automobilový, letecký, elektrický průmysl, ve zdravotnictví, ale i výrobky pro domácí použití. Technologie vstřiková je technologie, při které dochází k roztavení polymeru a ten je následně pod tlakem vstříknut do dutiny vstřikovací formy, kde ztuhne ve výstřik. [10]

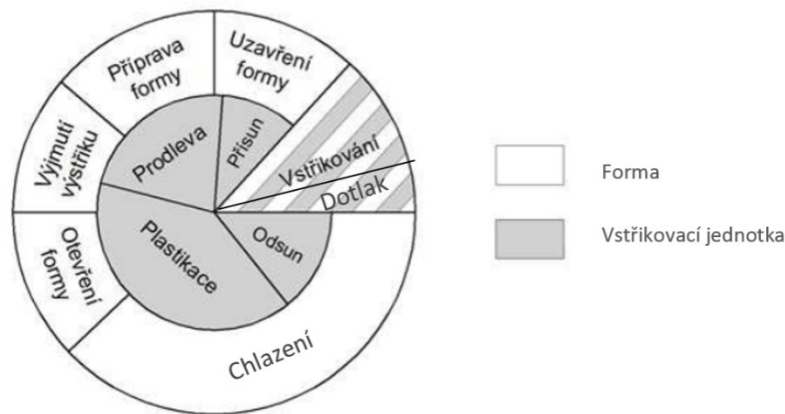
### 2.1 Vstřikovací cyklus

Vstřikování plastů je cyklicky se opakující tvářecí proces. Vyznačuje se tím, že zpracovávaný materiál se v rámci výrobního cyklu v žádném okamžiku nedostává do zcela rovnovážného termodynamického stavu, vzhledem k vyskytujícím se podmínkám, ve kterých se nachází.[3]

Vstřikovací postup začíná nasypáním granulátu do násypky vstřikovacího stroje. Z ní je odebírán šnekem, který dopraví a roztaví granulát. Tavenina je následně vstříknuta do dutiny formy, kterou zaplní a vytvoří její tvar. Následuje ochlazování, kdy polymer předává své teplo formě. Po ochlazení na vyhazovací teplotu má výstřik svůj konečný tvar, forma se otevře a výstřik je vyhozen z dutiny formy.

Vstřikovací cyklus začíná uzavřením vstřikovací formy, následuje příjezd vstřikovací jednoty a vstříknutí polymerní taveniny s dotlakem, ke kterému nemusí docházet vždy. Vstřikovací jednotka odjíždí a začíná plastikovat další navážku granulátu. V dutině formy dochází ke chlazení výstřiku. Po ochlazení na vyhazovací teplotu dojde k otevření a následnému vyhození výstřiku z dutiny formy. Povyhození se forma zavře a celý cyklus se opakuje.

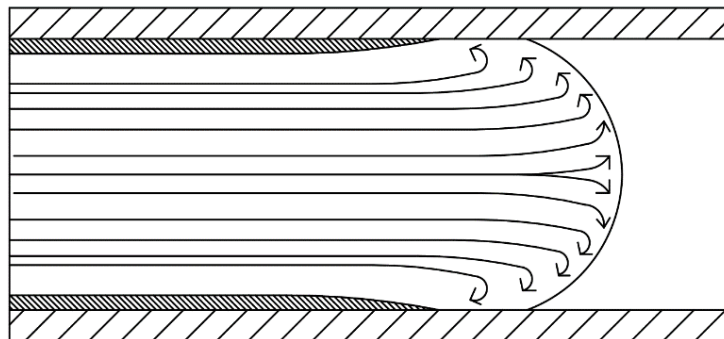




Obr. 4 Cyklus vstřikování [10]

## 2.2 Tok materiálu

Při vstřikování taveniny do dutiny formy dochází k valení taveniny - laminárnímu toku. Tento tok bývá také označován jako fontánový tok. Na stěně vtokového kanálu tavenina tuhne, ve středu kanálu tavenina teče. Při zaplňování dutin formy u vícenásobných forem musí být systém vtokové soustavy řešen tak, aby tavenina dotkla do všech tvarových dutinsoučasně. Úprava průřezů kanálů zabezpečí současně plnění dutin formy. [11]



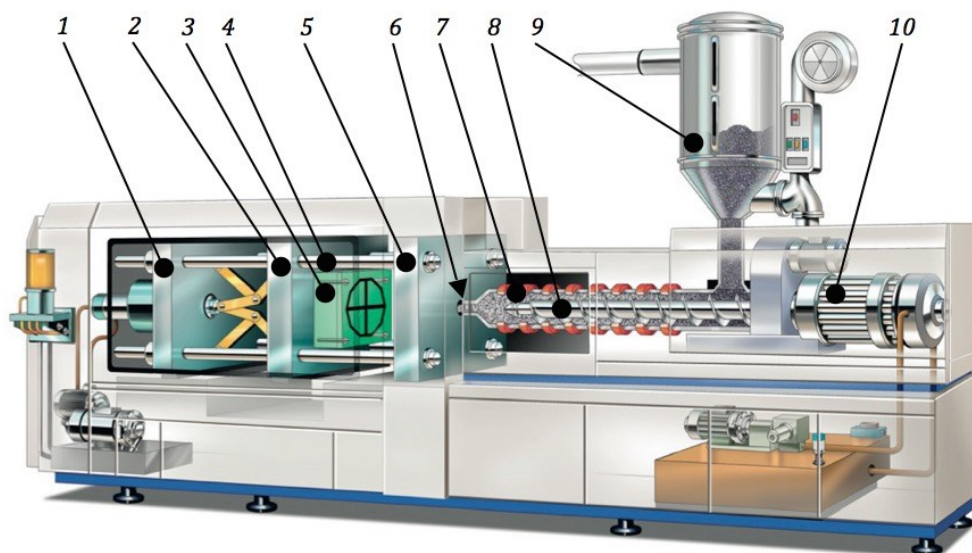
Obr. 5 Fontánový tok taveniny [11]

## 2.3 Vstřikovací stroj

Vstřikovací stroje jsou tvářecí stroje sloužící pro zpracování polymerních materiálů ve formě granulátu jeho následného převedení do taveniny a dopravení do dutiny formy. Nosná konstrukce vstřikovacího stroje bývá obvykle u velkých strojů čtyřsloupová sloupová a dvousloupová u malých. Nosné sloupy zajišťují vedení pohyblivých částí formy a spojení jednotlivých částí. [12]

Vstřikovací stroje se skládají ze tří částí:

- Uzavírací jednotky
- Vstřikovací jednotky
- Ovládání a řízení



*Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [10]*

1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska vstřikovacího stroje,  
 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky vstřikovacího stroje,  
 5 – pevná upínací deska vstřikovacího stroje, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky vstřikovacího stroje, 7 – tavící komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový polotovar, 10 – pohonná jednotka šneku

Uzávratí jednotka ovládá otevření a bezpečné uzavření formy, vyhazování výstřiku. Formu zavírá uzavírací silou, která závisí na velikosti stroje a také na velikosti vstřikovacího tlaku. Uzavírací jednotky podle druhu pohonu mohou být hydraulické, hydraulickomechanické a elektromechanické. U hydraulické jednotky je uzavírací rychlost řízena pomocí hydraulického obvodu. Hydraulickomechanických jednotek je rychlost řízena kinematickým mechanismem, který umožňuje využití minimální dosedací rychlosti a příznivých silových poměrů. Výhodou hydraulickomechanického ústrojí oproti hydraulickému je, že nepotřebuje hydraulické válce o velkých průměrech, ale stačí válce o malém průměru s vhodným systémem pákových převodů.

Konstrukce elektromechanická má místo přímočarého hydraulického motoru elektromotor s klikovým mechanismem. Výhodou elektromechanických jednotek je jednoduché ovládání a konstrukce s nízkou energetickou náročností.

Vstřikovací jednotka připravuje taveninu ve šneku a vstřikuje taveninu do uzavřené dutiny formy. Zajišťuje dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a potřebný vstřikovací tlak. Vstřikovací jednotky se rozdělují na jednotky bez předplastikace a s předplastikací. Plastikace u jednotek bez předplastikace probíhá buď to jako pístová plastikace (tavení probíhá v tavící komoře), nebo jako šneková plastikace (taví se v pracovním válci). [12]

### 3 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

#### 3.1 Jakost výrobku

Jakost plastových součástí bývá horší jako jakost kovových součástí. Z důvodu působení množství různých faktorů jako jsou druh materiálu součásti i formy, výrobní technologie, kvalita formy. Tímto vlivem se poté vyrobí výstřik jen určité kvality, přesnosti, kvality povrchu.

Hlavní faktory ovlivňující jakost:

- smrštění materiálu,
- tečení, které vznikne při dlouhodobém zatížení výstřiku a projevuje se jako plastická deformace,
- teplotní roztažnost,
- navlhání výstřiku zvětší rozměry, vysušením se rozměry opět zmenší. [5]

#### 3.2 Smrštění výrobku

V technologii vstřikování je smrštění definováno jako rozdíl mezi rozměrem formy a skutečným rozměrem výrobku. Tento rozdíl se udává v procentech.

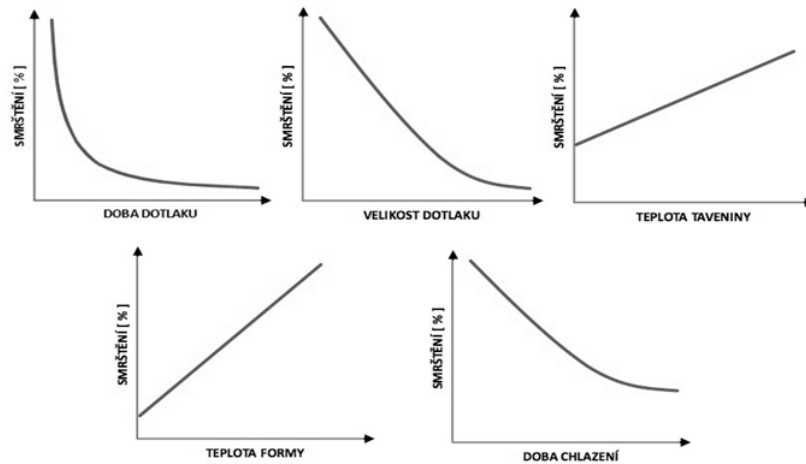
$$S = \frac{I_F - I_V}{I_F} * 100[\%]$$

$I_F$ - rozměr dutiny formy     $I_V$ - rozměr výstřiku

Smrštění se dělí na výrobní a dodatečné. Výrobní smrštění představuje 90 % z celkového smrštění (měřené 24 hodin po výrobě) a dodatečné zbylých 10 %. Smrštění může být dále děleno podle směru proudění tekutiny na podélné a příčné smrštění. [9]

Hodnoty smrštění jednotlivých druhů polymerů bývají uvedeny v jejich materiálových listech, které by měly být dodané dodavatelem. U plněných materiálů se udává zvlášť hodnota smrštění v podélném a v příčném směru.

Na velikost smrštění má vliv řada parametrů a proto je zjištění velikosti velmi obtížné. Mezi tyto parametry patří: tlak, teplota, dotlak, druh polymeru, směr toku taveniny, přísady, plniva, konstrukce výrobku. [3]



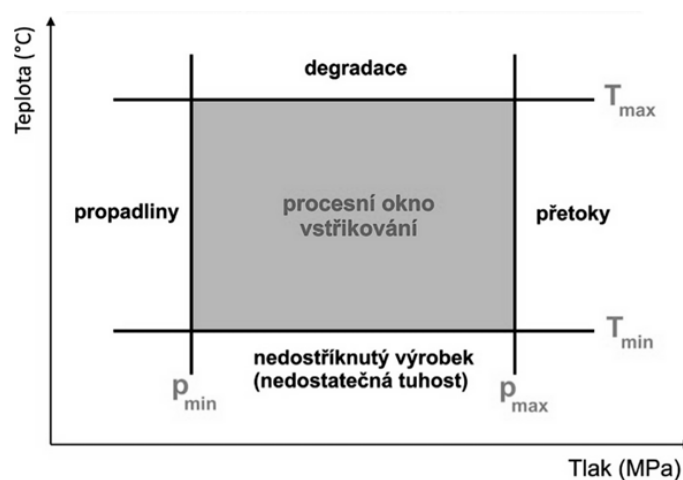
Obr. 7 Vliv technických parametrů na vstřikování termoplastů na smrštění vstřikovaných dílů [10]

Stupně přesnosti IT předepisuje norma ISO-ČSN EN 20286 soustava tolerancí a uložení ISO. Pro jednotlivé typy termoplastů jsou dosažitelné následující přesnosti:

- Amorfnní termoplasty IT10 až IT12
- Semikrystalické termoplasty IT11 až IT13
- Elastické/měkké/termoplasty typu TPE, LDPE IT14 až IT16

### 3.3 Vady výrobku

Procesní okno znázorňuje závislost teploty na tlaku. Pokud budou hodnoty tlaku a velikost teploty uvnitř okna, tak budou vyrobeny kvalitní výrobky.



Obr. 8 Procesní okno [10]

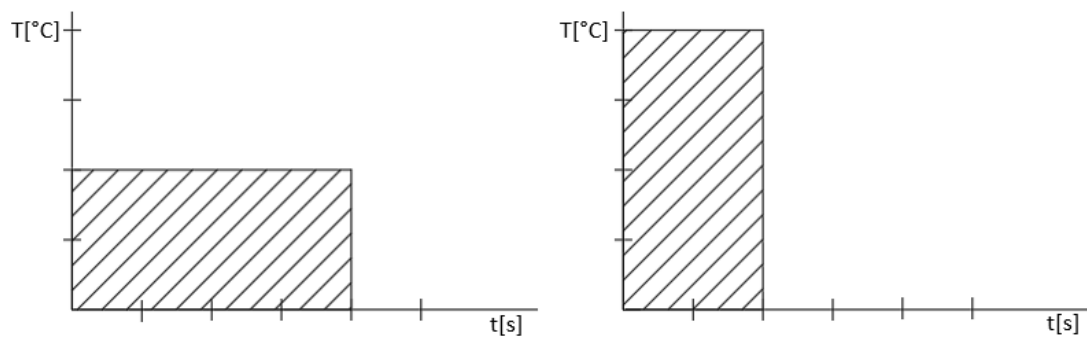
I když procesní okno ukazuje v jakém rozmezí teplot a tlaku se mají vyrábět kvalitní výrobky, nastavení správných tlaků a teplot není vždy přesné a tím pádem mohou být vyráběny vadné výrobky.

Vady u vstříkovaných výrobků se rozdělují na vady:

- Zjevné: tento druh vad je zjistitelný pouhým vizuálním pohledem při porovnání s vzorovým výstřikem. Dělí se na dvě skupiny vady povrchu a vady tvaru. Mezi vady povrchu patří například stříbření, matný/lesklý povrch, spálená místa, šmouhy, stopy po vlhkosti, tokové čáry, studený spoj. Vady tvaru jsou například stopy po vyhazovačích, přetoky, propadliny, sraženiny, nedostříknuté výstřiky, otřepy, delaminace, zvlnění povrchu.
- Skryté: tyto vady nelze objevit pouhou vizuální kontrolou. Negativně ovlivňují vlastnosti výstřiku a jsou pro aplikaci nebezpečné. Tento druh může vznikat v důsledku: vnitřního pnutí, degradačních procesů, vnitřních defektů, nerovnoměrné orientace makromolekul, nerovnoměrné krystalizace u semikrystalických plastů. [14,15]

Vady na výstřicích mohou vznikat z mnoha důvodů. Hlavní příčiny vzniku vad na výrobku: konstrukce výrobku, konstrukce vstříkovací formy, technologické parametry, volba zpracovávaného polymeru. Nejjednodušší způsob odstranění vady je změna technologických parametrů. Nejčastěji vzniklé vady jsou způsobeny špatnou teplotou buďto taveniny, formy nebo teplotou chlazení. Tento důvod tvoří přibližně 60 % vad. Vtokové ústí způsobuje 25 % vad.

Degradace materiálu vzniká, pokud zahříváme polymer na vysokou teplotu nebo po příliš dlouhou dobu, dodáme polymeru příliš mnoho tepelné energie a dojde k porušení kovalentní vazby mezi jednotlivými molekulami. Z toho důvodu je velmi důležité, při delší prodlevě ve výrobě, vystříknout zbytek materiálu ve šneku nebo snížit teploty na jednotlivých pásmech vstříkovacího stroje.



Obr. 9 Dodání tepelné energie

Stříbrné pruhy vznikají vysokou teplotou taveniny, kde dojde k částečné degradaci taveniny nebo špatně vysušením materiálem, zachycení těkavé složky.

Spálená místa (Dieslův efekt) vzniká u nedostatečně odvzdušněných forem. Při vstřikování se komprimuje vzduch a dojde k zahřátí vzduchu, což způsobí místní degradaci materiálu spálením části výstřiku.

Propadliny vznikají při špatné konstrukci výrobku nahromaděním velké masy materiálu, vysoké teploty formy, nízkým vstřikovaným tlakem, špatným odvzdušněním formy a velkou délkou toku taveniny.

Studené spoje (plastické švy) vznikají setkáním a nespojením dvou nebo více čel taveniny. Což je způsobeno nízkou teplotou taveniny nebo formy, nízkou vstřikovací rychlostí nebo dlouhou délkou toku taveniny.

Viditelný paprsek taveniny (Jetting) vzniká důsledkem špatně navrženého vtokového ústí. Proud taveniny prostříkne velkou rychlostí, aniž by hned po vstupu narazil na tvarovou dutinu formy. Další příčiny jsou nízká teplota taveniny nebo formy, ústí vtoku je příliš malé nebo špatně umístěné.

Bublíny jsou vzduchové dutiny, které mohou vznikat špatnou konstrukcí výrobku, náhlým přechodem ze slabé do silné stěny, nízkým vstřikovacím tlakem, nízkou teplotou formy, špatným odvzdušněním plynu a těkavé složky.

Delaminace (štípání) je způsobena nízkou teplotou formy, nízkou rychlostí vstřikování dále se vyskytuje u použití více druhů polymerů, které jsou nesnášenlivé (špatně vyčištěný stroj, špatný druh barviva).

Křehkost dílce (lámavost) vzniká degradací materiálu nebo jeho špatným vysušením.

Přetoky vznikají při vysokém vstřikovacím tlaku a nízké uzavírací síle tím dojde při vstřikování k pootevření formy. Další důvody mohou být špatné upnutí formy, nepřesnosti vzniklé znečištěním opotřebením nebo poškozením formy. [14, 15, 11]



## 4 VSTŘIKOVACÍ FORMA

### 4.1 Násobnost formy

Násobnost formy určuje, kolik se vyrobí výstřiků během jednoho vstřikovacího cyklu. Násobnost formy se volí podle několika hledisek: požadovaného množství výstřiků, kvalita a přesnost výstřiku, velikost a kapacita vstřikovacího stroje, ekonomiky a termínu dodávky. Podle kvalitativního hlediska platí, že čím menší násobnost tím kvalitnější a přesnější výrobky. Složitější výrobky se vyrábějí v jednonásobných formách z důvodu složitosti vstřikovací formy i přesnosti vyráběného výrobku. [5]

### 4.2 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje dopravu a rozvod taveniny z vstřikovací jednotky do dutiny formy. Vtokový systém se skládá se z vtokového ústí a rozvodných kanálů a vtokových ústí. Vtokové systémy rozdělujeme podle toho, zda vzniká vtokový zbytek nebo ne, dále na studený vtokový systém a vyhřívané vtokové systémy.

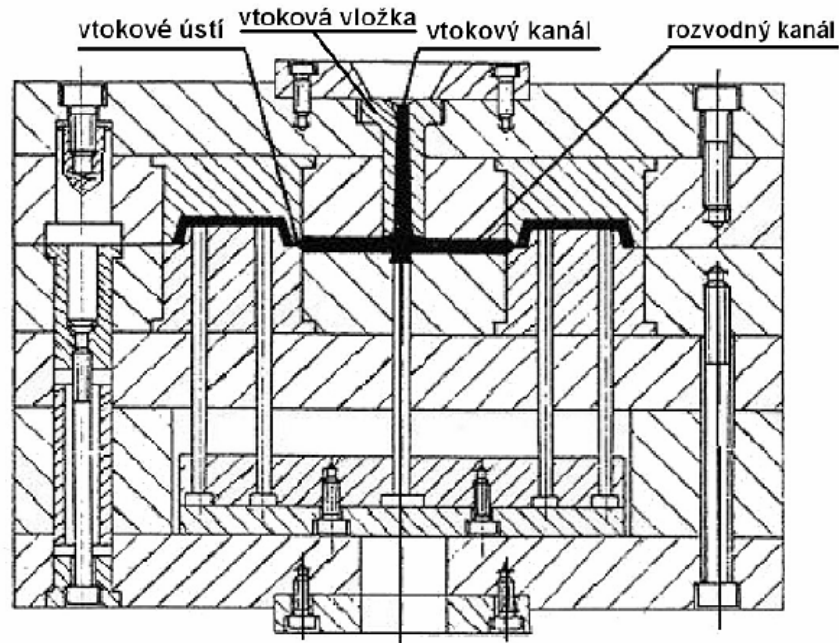
#### 4.2.1 Studené vtokové systémy

Studený vtokový systém (SVS) zajišťuje rozvod taveniny od vstřikovací jednotky do dutiny formy. Naplnění dutiny formy by mělo, proběhnou v co nejkratším čase s minimálním odporem (poměr obvodu kanálu vůči ploše kanálu). SVS po každém cyklu zatuhne a vytvoří vtokový zbytek.

Tvar, rozměry a umístění vtokového systému ovlivňují:

- rozměry, vzhled i vlastnosti výroby,
- spotřebu materiálu,
- náročnost opracování a začištění výrobku,
- energetická náročnost výroby.

U vícenásobných forem musí být zaručeno rovnoměrné zaplnění všech dutin formy ve stejnou dobu, což se zajistí odstupňování jednotlivých vtokových kanálů a správnou volbou průřezu. V praxi se tato podmínka simuluje pomocí počítačové simulační analýzy. Kanály by měly být co nejkratší a v ideálním případě ke všem dutinám stejně dlouhé, aby bylo zaručeno stejné tlakové podmínky. [5,13]



Obr. 10 Studený vtokový systém [5]

Vtokové ústí by mělo být umístěno do nejtlustší stěny výrobku, aby mohl být dostatečně dlouhý dotlak a nedošlo k jeho zatuhnutí. Vtok však musí mít při minimálním povrchu co největší průřez.

Ústí vtoku by mělo být umístěno:

- do nejtlustšího místa na výstřiku,
- s ohledem na únik vzduchu z dutiny,
- tak aby tavenina tekla ve směru orientace žeber,
- do geometrického středu,
- mimo místo s velkým namáháním.

U SVS se využívá přidržovač vtoku, který má za úkol přidržet vtokový zbytek na levé straně formy a tím zajistit jeho snazší oddělení.

Existuje spousta druhů SVS, mezi základní patří plný kuželový vtok. Jeho hlavní výhoda je v jednoduchosti a účinnosti působení dotlaku, vtok tuhne jako poslední. Nevýhody jsou v obtížném odstranění, po kterém zůstává stopa po vtoku. Další případem je bodový vtok, který se vytváří zúžením rozváděcího kanálu, umožňuje jednoduché odstranění zbytku po vtoku. Tenhle způsob vtoku však vyžaduje třídeskový systém forem. Existují speciální případy bodového vtoku. Jedním z nich je tunelový vtok, který umožňuje umístění vtoku

do téže ležící dělicí roviny jakou má výstřik a odpadá nutnost použití třideskového systému formy. Oddělení vtokového zbytku se provádí při otevření dělicí roviny formy nebo při vyhazování výrobku. Srpkovitý (banánový) vtok je speciálním případem tunelového vtoku, umožňuje umístění vtokového ústí do místa výstřiku, kde nesmí působit rušivě, avšak tento způsob není vhodný pro křehké materiály. Boční vtok je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším vtokovým ústím. Průřez je obvykle obdélníkový a může být i lichoběžníkový, kruhový. Vtokové ústí leží v dělicí rovině. Vtokový zbytek, v tomhle případě, je neoddělený od výstřiku. Filmový vtok je nejvíce používaným bočním vtokem, používaný k plnění trubkových a kruhových dutin. Rozvedení taveniny ale není rovnoměrné ve všech místech dutiny, tlak klesá se zvyšující se vzdáleností od rozváděcího kanálů. Tenhle nedostatek se řeší proměnnou tloušťkou ústí nebo rozváděcího kanálu. [5]

#### 4.2.2 Vyhřívání (horké) vtokové systémy

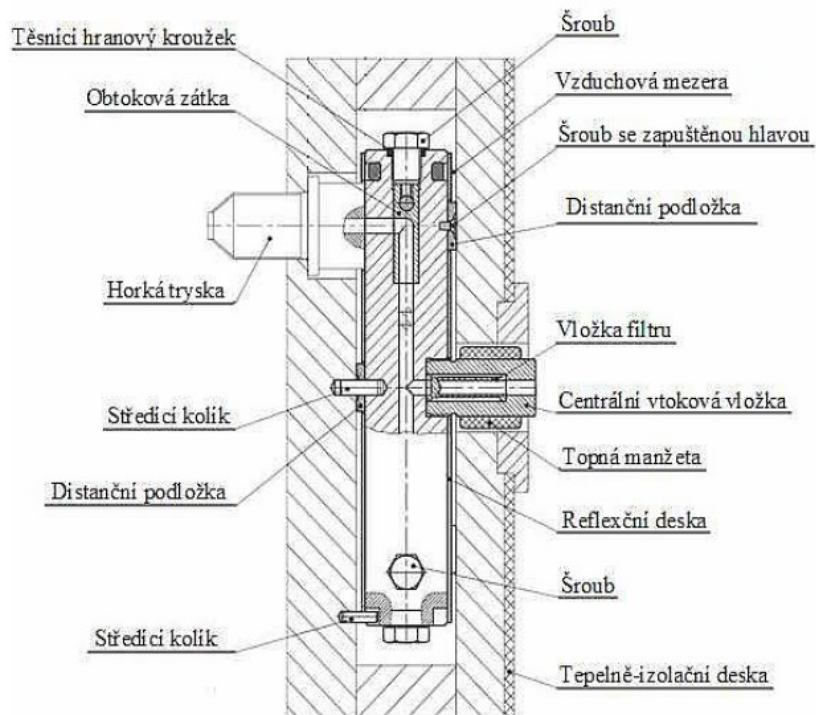
Z důvodu ekonomičnosti výroby ušetření materiálu ve formě vtokového zbytku a nákladu na odstranění vtokového zbytku a jeho recyklaci byly postupně vyvinuty metody vstřikování bez vtokového zbytku.

Výhody:

- možnost automatizace výroby,
- snížení spotřeby polymeru, bez vtokové vstřikování,
- kratší výrobní časy,
- snížení nákladů na odstranění vtokových zbytků a jejich recyklace,
- možnost použití menšího vstřikovacího stroje,
- vlastní regulace teploty.

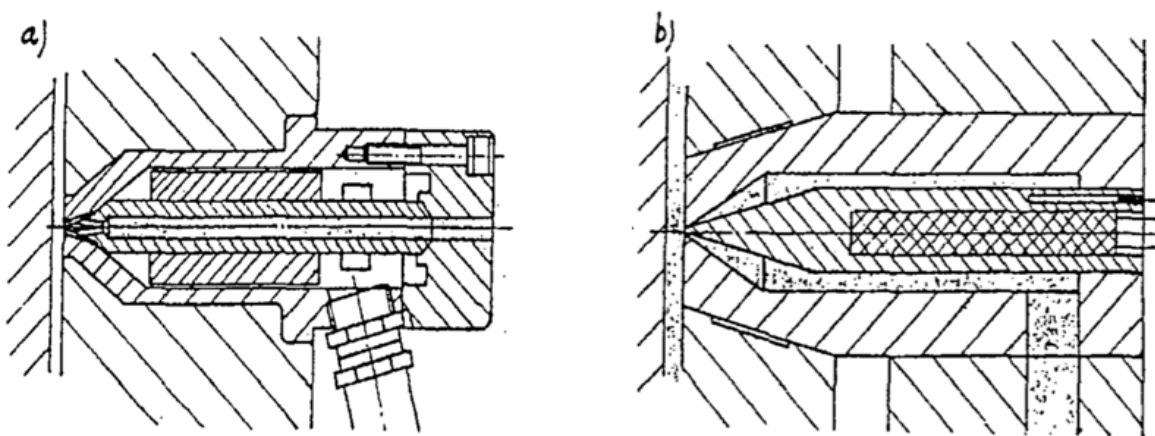
Nevýhody:

- náročnější konstrukční provedení vstřikovací formy,
- potřeba zajistit regulátory snímače teploty,
- montáž, demontáž, údržba,
- energeticky a ekonomicky nákladnější,
- nevhodné pro materiály teplotně citlivé,
- vyšší nároky na obsluhu. [5,9]



Obr. 11 Vyhříváný vtokový systém [11]

Nejprve se začaly používat izolované vtokové systémy, které se dále upravovaly na izolované vtokové soustavy se zesílenými vtoky, s předkomůrkou nebo s nástavcem. Nyní se používají vyhříváné vtokové systémy s vyhřívánou tryskou. Vyhříváné trysky umožňují propojení vstřikovacího stroje přímo s dutinou formy. Tyhle trysky můžeme rozdělit na přímo a nepřímou vyhříváné. Přímou vyhříváné trysky se dělí podle konstrukce na vnější a vnitřní. U vnějších trysek tavenina teče vnitřním otvorem uvnitř trysky, u vnitřních trysek tavenina proudí kolem vnitřní vyhříváného torpéda (vločky).



Obr. 12 Přímou vyhříváné trysky a) s vnější vytápění b) s vnitřní vytápění [5]

Nepřímo vyhřívané trysky se dělí na trysky s vlastním zdrojem tepla a trysky s rozvodným blokem. Trysky s vlastním zdrojem tepla jsou vytápěny zabudovanými topnými tělesy zabudovanými v ocelovém pouzdře se špičkou zasahující do vyústění vtoku. Tento způsob vyžaduje rychlé vstřikovací cykly. U trysek s rozvodným blokem dochází k přenosu tepla z rozvodného bloku na trysku. Tento způsob se využívá u vícenásobných forem a vyžaduje pro správnou funkci rovnoměrné teplotní pole, aby nebylo zajištěno negativně ovlivněny tokové vlastnosti polymeru.

Vyhřívané trysky můžeme dělit ještě podle typu ústí trysky. Existují trysky s jedním otvorem nebo s více otvory (dva neb tři).

U VVS se při konstrukci formy musí počítat s prostorem pro kabeláž. V praxi se můžeme setkat s kombinací SVS a VVS, první část vtokového systému tvoří VVS a zbylou část do tvarových dutin SVS. [5, 16]

### 4.3 Temperování forem

Temperace ve vstřikovací formě slouží k udržování konstantního teplotního pole vstřikovací formy. Zajišťuje odvod tepla z tvarové dutiny, vzniklého během vstřikovacího cyklu. Teplota formy má zásadní vliv na rozměrovou přesnost a vzhled výstřiku.

Při konstrukci temperačního systému se vychází ze zkušeností konstruktéra.

Temperační systém se dělí na pasivní a aktivní temperační prostředky. U pasivních systému se teplo vznikající ve formě odvádí pomocí vodivých materiálů. Izolační materiály brání přestupu tepla mezi formou a upínacími deskami vstřikovacím strojem. Aktivní temperační prostředky fungují na principu odvodu tepla pomocí temperačního media, které v ideálním případě turbulentně proudí v temperačních kanálech. Jako temperační medium se používá voda, olej a vzduch. Temperační kanály bývají buďto vrtány nebo frézovány.

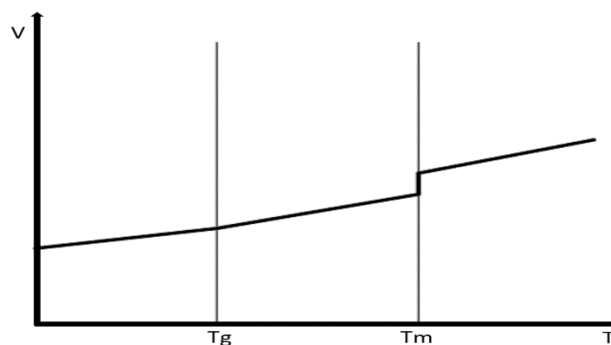
Při navrhování temperačních kanálů se volí zpravidla větší počet menších kanálů, než menší počet velkých kanálů z důvodu malého teplotního rozdílu v místě kde je temperační kanál a v místě kde není. Průměr kanálu se volí v rozmezí 6 mm do 12 mm. Umístění temperačních kanálů musí být v optimální vzdálenosti od tvarové dutiny, aby nedošlo k snížení tuhosti formy. Teplo musí být intenzivně odváděno z míst, kde je forma ve styku s proudem taveniny. Nesmí docházet k tvorbě mrtvých koutů, ve kterých by se mohly usazovat nečistoty a vznikat koroze formy. Dále by se temperační kanály neměly umísťovat v blízkosti hran, nedocházelo by k rovnoměrnému odvodu tepla.

Temperační medium by mělo téct od nejteplejšího místa k nejstudenějšímu, aby se využilo největšího tepelného spádu. Rozdíl teplot temperačního media by neměl být větší než 5°C. [5,11]

#### 4.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození výstřiku po ochlazení na vyhazovací teplotu po otevření formy. Vyhazování výrobku se skládá ze dvou fází. Zdopředného pohybu, kdy se provádí samotné vyhození výstřiku z dutiny formy a ze zpětného pohybu návratu vyhazovacího systému při uzavírání formy, nebo za pomoci pružiny. Pokud je potřeba vrátit vyhazovací systém ještě před uzavřením formy, tak se využívají hydraulické válce.

Při ochlazování výstřiku dochází k jeho smrštění na tvarovou dutinu formy, čímž vznikne napětí mezi výstřikem a tvárníkem formy (snaha aby zůstal na straně s vyhazovacím systémem). Základní podmínky správného vyhození jsou hladké stěny a úkos ve směru vyhozování, vyhazovací síla musí působit rovnoměrně po celé ploše výrobku. Při vyhození musí být odformován výstřik i s vtokovým systémem.



Obr. 13 Závislost objemu na teplotě polymeru

Velikost vyhazovací síly závisí na:

- velikosti smrštění materiálu,
- dotlaku,
- tvarové složitosti výrobku,
- jakosti povrchu,
- pružné deformaci formy.



při využití velké vyhazovací síly. Delší životnost stírací desky se zajistí tepelně zpracovanou stírací vložkou upevněnou v stírací desky. Při využití stírací desky je použita forma s dvěma dělicími rovinami. Speciálním případem stírací desky je trubkový vyhazovač, který se ovšem řadí mezi vyhazovací kolíky.

*Šikmé vyhazovače* se využívají pro odformování bočních zápichů. Vodící čepy jsou pod úhlem  $15^\circ$  až  $25^\circ$ , jejich délka závisí na velikosti požadované vyhazovací vzdálenosti. Využívají se k vyhazování mělkých vnitřních nebo vnějších zápichů. Nahrazují používání složitých posuvných čelistí.

*Vícestupňové vyhazování* neboli postupné vyhazování, využívá dva různé vyhazovací systémy. Které se využívají pro vyhození s rozdílnou velikostí zdvihu a v rozdílných časech. Umožňuje oddělení vtokového zbytku přímo ve formě.

Kromě mechanického vyhazování existují i další případy vyhazování výstřiků.

Pneumatické vyhazování slouží k vyhazování rozměrných tenkostěnných výstřiků (nádob), u kterých je nutné při vyhazování zavzdušnit, aby nedošlo k deformaci výstřiku.

Vyhazování pomocí ultrazvuku využívá sonotrodu, která je zapojena jako vyhazovač. Sonotroda začne po otevření dělicí roviny formy vibrovat s určitou amplitudou a frekvencí. Využívá se pro odformování mikrodílů a malých dílů s obtížnou odformovatelností, optických dílů a dílů s povrchovou strukturou. [9,13]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

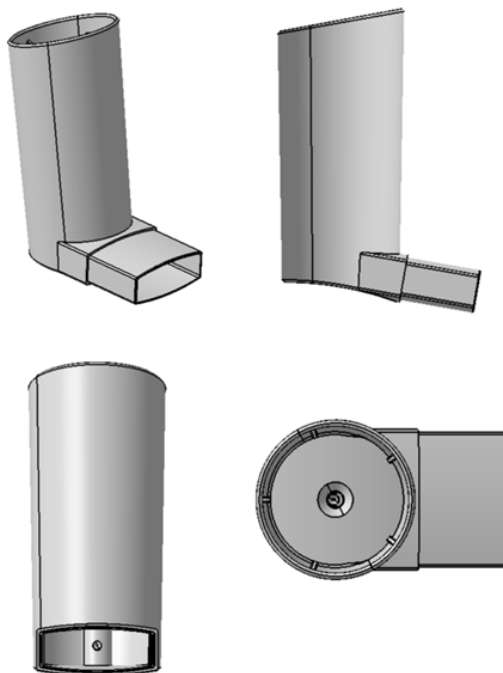
- Vypracovat literární studii na dané téma.
- Nakreslit model daného dílu ve 3D.
- Provést konstrukci vstříkovací formy pro zadaný díl.
- Nakreslit 2D sestavu vstříkovací formy.

V teoretické části bakalářské práce byly zpracovány základní informace o polymerech a popsána problematika vstříkování a konstrukce vstříkovacích forem.

V praktické části bakalářské práce bylo úkolem vymodelovat 3D model dílu a konstrukce vstříkovací formy. Ze sestavy vstříkovací formy byla následně zhotovena výkresová dokumentace. Konstrukční řešení bylo provedeno v programu CATIA V5R20 s využitím normálí z katalogu Hasco. Dále byl zvolen vhodný vstříkovací stroj pro danou vstříkovací formu.

## 6 VSTŘIKOVANÝ VÝROBEK

Vstříkovaný díl je kryt (rozprašovač) inhalátoru. Používá se pro aplikaci suspenze z tlakového nádoby s dávkovacím ventilem. Největší rozměry výrobku 65x42,5x27,2 mm a objem výrobku je 5,973 mm<sup>3</sup>.



Obr. 17 Model výrobku

### 6.1 Materiál vstříkovaného výrobku

Jako materiál výrobku byl zvolen ABS (akrylonitrilbutadienstyren). ABS patří mezi amorfní termoplasty vyznačující se vysokou odolností proti nárazu, chemickou odolnost (proti některým kyselinám, zásadám, alkoholům, tukům a olejům), zdravotní nezávadnost, snadná pigmentace.

Tab.1 Vybrané vlastnosti materiálu LG ABS XG570 [P1]

Vlastnost	Hodnota	jednotka
smrštění	0,4-0,7	%
hustota	1,06	g/cm <sup>3</sup>
index toku taveniny	22	g/10min
teplota tání	200 -230	°C
modul pružnosti	2650	MPa
mez pevnosti	49	MPa
teplotní rozsah	-20 do 80	°C

## 7 POUŽITÉ KONSTRUKČNÍ PROGRAMY A DATABÁZE

### 7.1 CATIA V5R20

Konstrukční řešení modelu, vstřikovací formy i výkresové dokumentace bylo provedeno v softwaru CATIA V5R20. Při konstrukci byli využity tyto moduly dostupné v programu: Generate Shape Desing, Part Desing, Core and Cravity Desing, Mold tooling desing a Drafting.

### 7.2 Hasco katalog

Při konstrukci vstřikovací formy byly použity normálie od firmy Hasco. Jednotlivé části formy byly načteny z normalizovaného katalogu Hasco Dako Modul, tento katalog obsahuje 3D normálie části forem s možností volby rozměrů a druhu materiálu. Hasco Dako Modul má možnost přímého importu do konstrukčního programu. Využití katalogu značně urychlí a usnadní konstrukci vstřikovací formy.



Obr. 18 Katalog Hasco Dako Modul

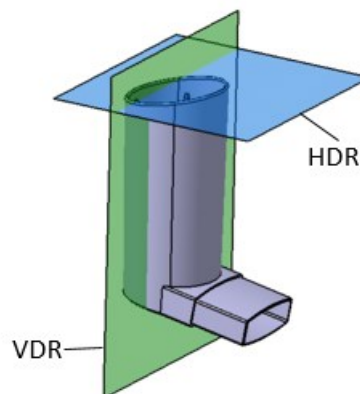
## 8 KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Při konstrukci byl brán zřetel na tvarovou složitost výrobku, ze které vychází počet dělicích rovin, od kterých se odvíjí tvarové části formy. Konstrukci vstřikovací formy usnadňuje a zefektivňuje použití co nejvíce normálií z Hasco katalogu. Forma se skládá se tří hlavních částí vstřikovací, uzavírací a vyhazovací.

### 8.1 Zaformování výrobku

Při konstrukci vstřikovací formy je jedním z nejdůležitějších faktorů volba dělicích rovin, odvíjející se od složitosti výrobku, která souvisí s odformováním výrobku. Hlavní dělicí rovina byla zvolena, tak že celý výrobek je zapuštěn v tvárnici.

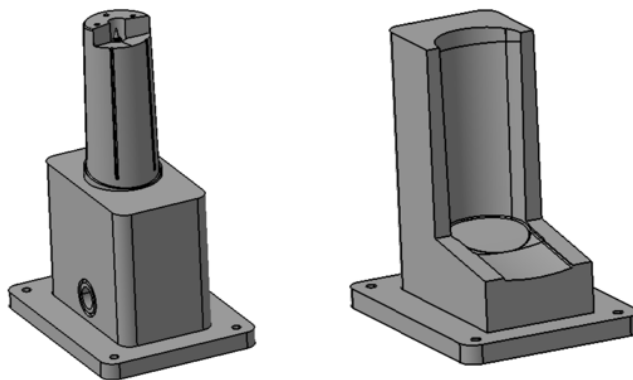
Vzhledem k tvaru výrobku bylo potřeba určit i vedlejší dělicí roviny pro boční odformování.



Obr. 19 Dělicí roviny

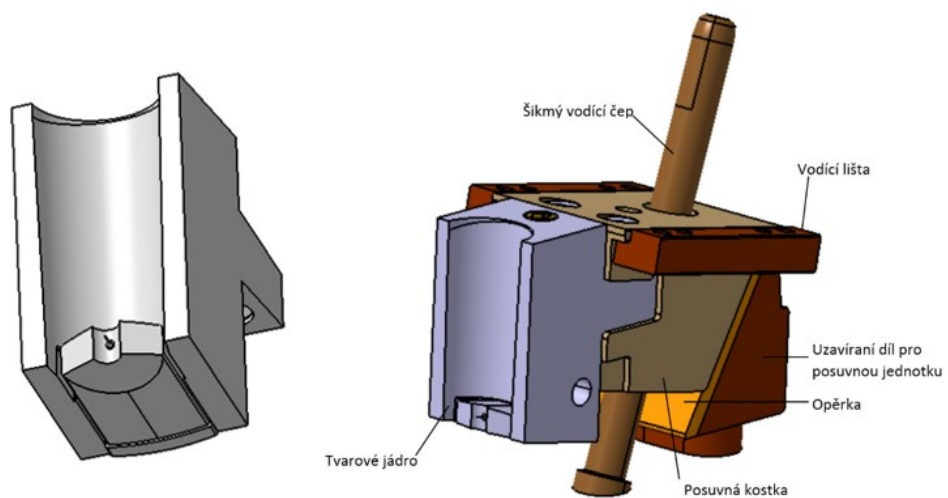
### 8.2 Tvarové části formy

Nejdůležitější části formy jsou tvárnice a tvárník, které vytváří dutinu pro finální tvar výrobku. Tvárník a tvárnice jsou vytvořeny jako tvarové vložky namísto celé tvarové desky. Tvarové vložky jsou umístěny do kotevních desek. Materiálem tvarových částí formy je ocel 1.1243 kalena na HRC 60.



*Obr. 20 Tvárník a tvárnice*

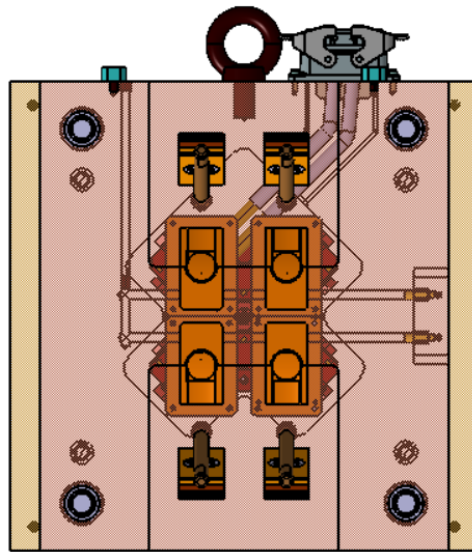
Boční odformování je řešeno pomocí posuvného tvarového jádra. Tvarové jádro je upevněno na posuvnou kostku, která se pohybuje ve vodící liště pomocí šikmých čepů při otevírání a zavírání formy. V uzavřené formě je posuvná kostka opřena o opěrku, která je upevněna na uzavíracím dílu pro posuvnou jednotku.



*Obr. 21 Tvarové jádro a systém bočního odformování*

### 8.3 Násobnost

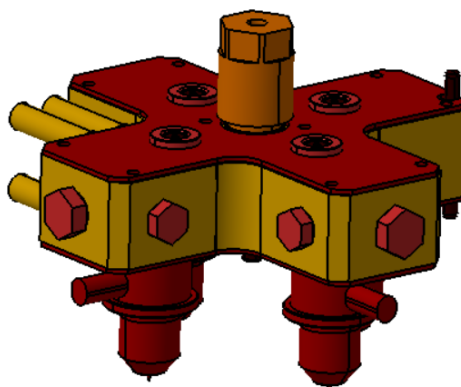
Násobnost formy byla volena s ohledem na umístění posuvných kostek. Byla zvolena čtyřnásobná forma. U volby násobnosti formy byl také zohledněn fakt, že boční odformování je pod úhlem.



Obr. 22 Násobnost formy

#### 8.4 Vtokový systém

Byla zvolena horká vtoková soustava, která umožní minimalizaci vtokového zbytku a stopy po vtoku. Použití horké vtokové soustavy sníží množství použitého polymeru a také se odstraní operace potřebné pro začištění stopy po vtoku. Horký blok umožňuje udržení rovnoměrného teplotního pole taveniny.



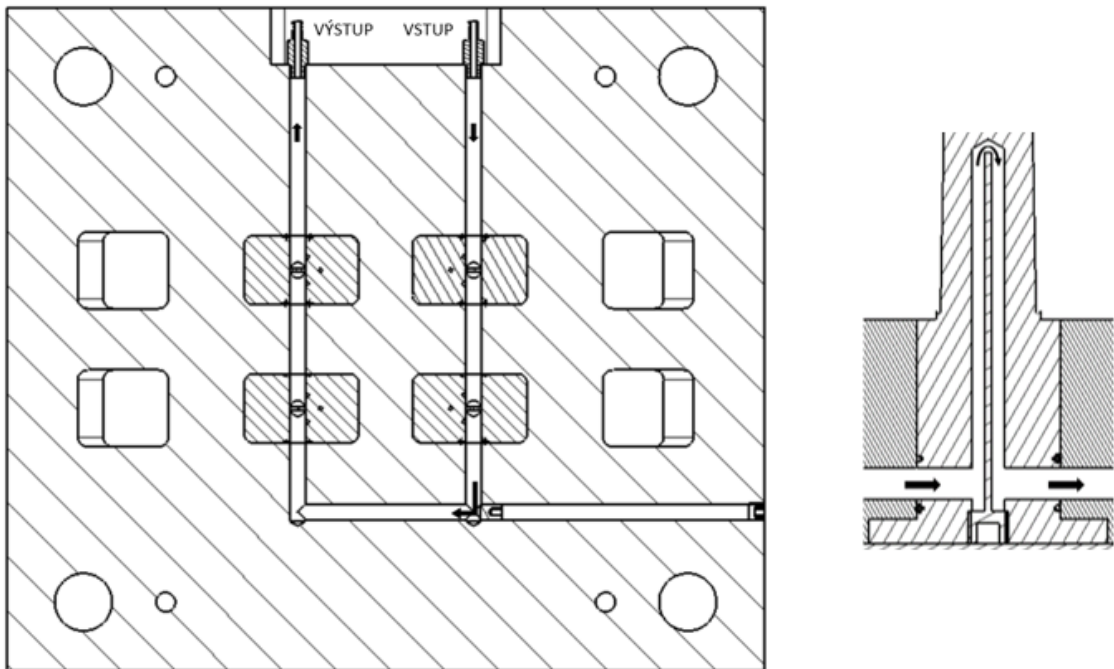
Obr. 23 Vyhřívavý blok

Blok je umístěn v desce mezi deskou upínací a deskou opěrnou. K horkému bloku a k tryskám musí být přivedena elektrická energie pomocí kabelů, které vedou do zásuvky připevněné na vrchní straně formy.

## 8.5 Temperační systém

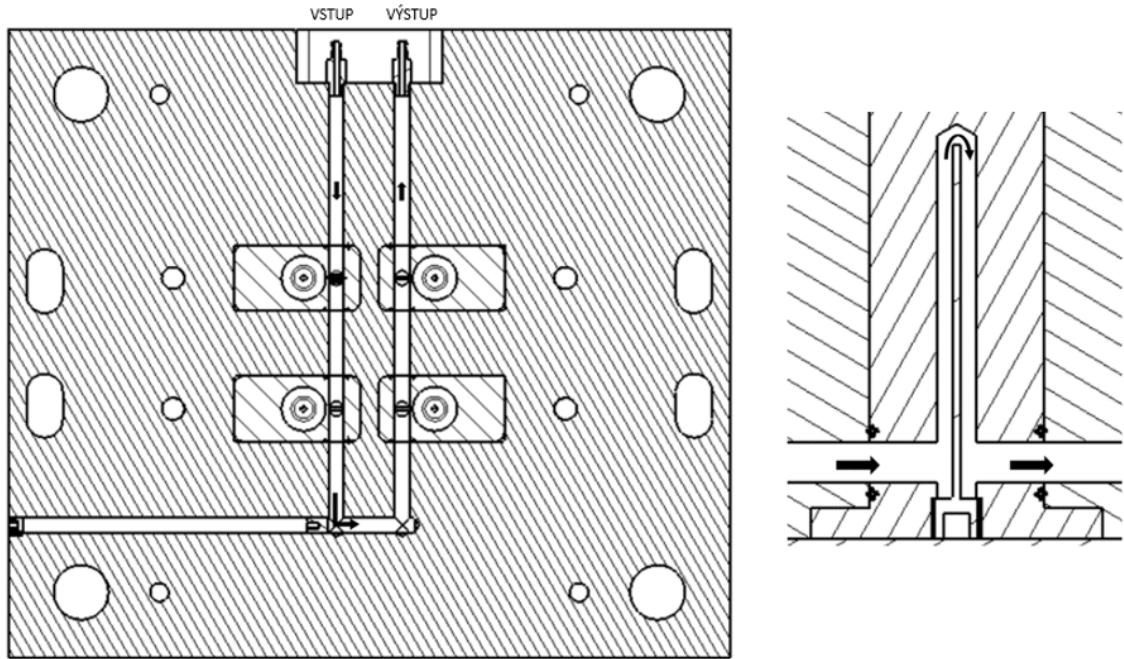
Úkolem temperačního systému je zajistit konstantní teplotní pole a odvod tepla z tvarové dutiny. Při konstrukci byly navrženy tři temperační okruhy pro tvárnici, tvárník i tvarové jádro. K zvýšení efektivity temperace tvárníku i tvárnice byla použita obtoková přepážka.

Temperačním médiem bude voda, která bude proudit turbulentně ve vyvrtaných kanálech o průměru 8 mm. Umístění kanálů je navrženo tak, aby docházelo k rychlému a rovnoměrnému chlazení. Na vstupu a výstupu jsou přípojky pro připojení hadic. Konce kanálů jsou uzavřeny pomocí vnějších ucpávek. Vnitřní ucpávky určují, jakými kanály medium bude proudit. K zabránění možného úniku temperačního media, při přechodu z kotevnic desek do tvarových, byli použity O kroužky.



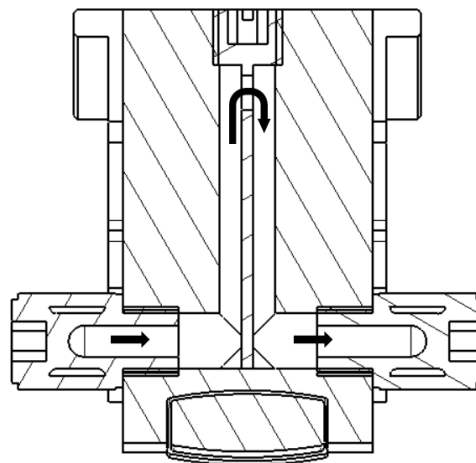
Obr. 24 Temperační systém kotevní desky tvárníku





Obr. 25 Temperační systém kotevní desky tvárnice

Temperace tvarového jádra je opět řešena pomocí obtokové zátky, ve které je díra z důvodu zajištění temperace v co největší části tvarového jádra.



Obr. 26 Temperace tvarového jádra

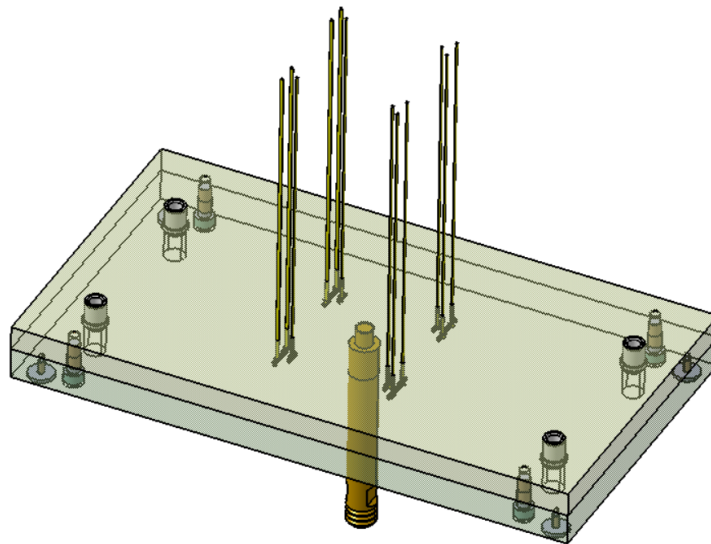
## 8.6 Odvzdušnění

V uzavřené formě je současně uzavřený i vzduch. Při plnění dutiny taveninou dochází ke stlačení vzduchu a ten se ohřívá a může způsobit degradaci. Degradace se projeví jako spálená místa na výrobku, proto je potřeba zajistit uniku vzduchu z dutiny.

U této formy by měly postačit vůle mezi tvarovými deskami, tvarovými jádry a vůle kolem vyhazovačů.

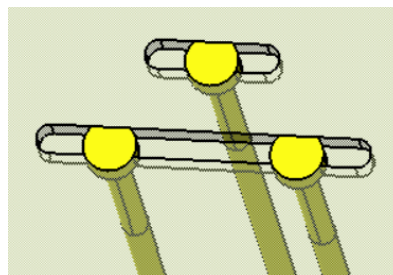
## 8.7 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k vyhození výstřiku z tvarové dutiny vstřikovací formy a skládá se z dvanácti válcových vyhazovačů o průměru 2 mm. Každá tvarová dutina má tři vyhazovače. Po otevření hlavní dělicí roviny a vysunutí tvarových jader, výrobek je na straně tvárníku a pomocí válcových vyhazovačů je odformován. Součástí vyhazovacího systému jsou i vodící čepy, které zaručí správné vrácení vyhazovacích desek do původní polohy při uzavírání formy. Na opěrné vyhazovací desce jsou dorazové podložky, které pomáhají dosednutí vyhazovacích desek na upínací desku. Táhlo ovládá pohyb vyhazovacího systému.



Obr. 27 Vyhazovací systém

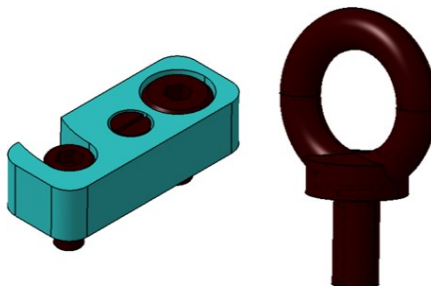
Z důvodu, že vyhazovače nedosedají na rovnou plochu, musí být upraveny podle tvaru „dna“ krytu inhalátoru. Kvůli této úpravě musí být zabráněno možné rotaci vyhazovačů.



Obr. 28 Detail ustavení polohy vyhazovačů

## 8.8 Transportní zařízení

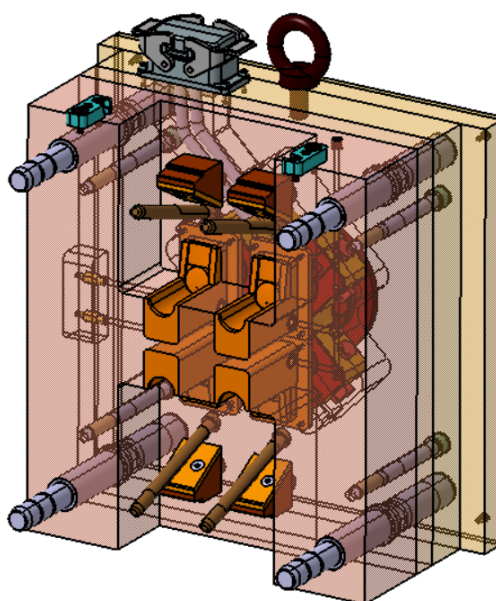
Vstřikovací forma je doplněna pro snadnější manipulaci dvěma závěsnými oky přišroubovanými na upínacích deskách formy. Aby nedošlo k otevření formy při manipulaci, je forma opatřena transportní pojistkou.



Obr. 29 Transportní pojistka a závěsné oko

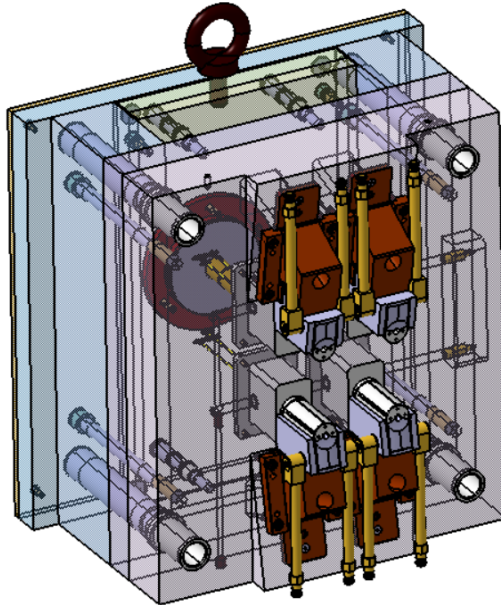
## 8.9 Sestava

Vstřikovací forma se skládá ze dvou částí, pravé (vstřikovací) strany a levé (pohyblivé) strany formy. Pravou stranu tvoří izolační deska, upínací deska, deska pro horký rozvodný blok, opěrná deska, kotevní deska pro tvárnici a tvárnice. Pravou stranu dále tvoří středící trubky, vodící pouzdra a vodící čepy pro vedení desek. Desky pravé strany jsou k sobě vzájemně sešroubovány. Dále se na této straně nachází šikmé čepy pro vedení tvarových kostek a uzavírací díl pro posuvnou jednotku.

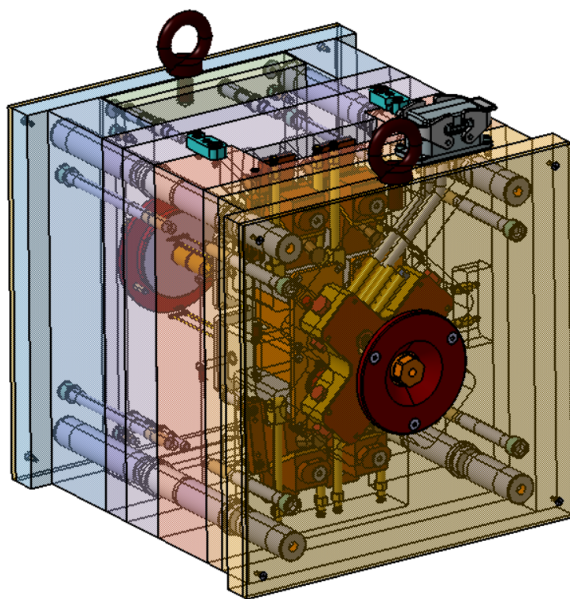


Obr. 30 Pravá (vstřikovací) strana formy

Levá strana se skládá z izolační desky, upínací desky, rozpěrné desky, opěrné desky a kotevní desky pro tvárník a tvárníku. Tato strana obsahuje tvarové kostky a tvarové jádra a další prvky potřebné pro boční odformování. V této straně se nachází i vyhazovací systém, skládající se z kotevní a opěrné desky, z vyhazovačů, vodících pouzder, dosedek a táhla. Tato strana opět má středící trubky a vodící čepy. Desky jsou k sobě přišroubovány. Hlavní rozměry formy jsou (v x š x d) 396 x 396 x 415 mm.



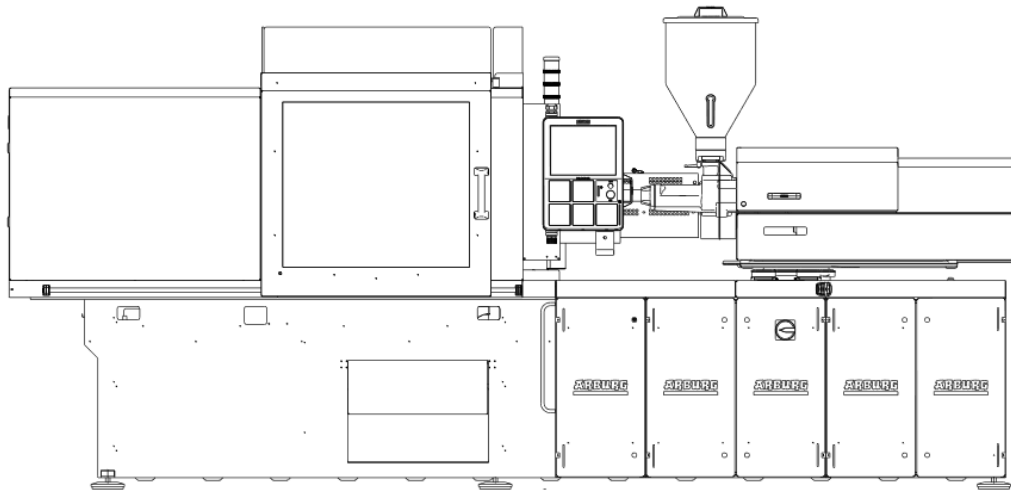
*Obr. 31 Levá (pohyblivá) strana formy*



*Obr. 32 Sestava formy*

## 9 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Na základě parametrů vstřikovací formy byl zvolen vhodný vstřikovací stroj Allrounder 470 A od německé firmy Arburg. Stroj byl zvolen s ohledem na velikost vstřikovací formy.



*Obr.33 Vstřikovací stroj Allrounder 470 A [18]*

*Tab.2 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [PII]*

Zavírací jednotka	velikost	jednotky
Uzavírací síla	1000	kN
Otevírací síla	---	kN
Výška formy	250-500	mm
Vzdálenost mezi deskami	600-850	mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupky (š x v)	470x470	mm
Síla vyhazovače	40	kN
Vstřikovací jednotka	velikost	jednotky
Průměr šneku	25	mm
Hmotnost dávky	54	g ( PS)
Vstřikovací tlak	250	MPa
Dotlak	231	MPa



## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vymodelovat kryt inhalátoru pro aplikaci suspenze z tlakového obalu. Konstrukce dílu i vstřikovací formy byla provedena v softwaru CATIA V5R20.

V teoretické části byla zpracována literární studie zabývající se základy polymerů, technologii vstřikování a konstrukci vstřikovací formy.

Praktická část se zabývá konstrukcí vstřikovací formy pro zadaný díl. Konstrukce začínala tvorbou 3D modelu výrobku, podle kterého byly navrženy dělicí roviny, od kterého se celá konstrukce formy odvíjela. Dalším důležitým parametrem, kterým se konstrukce formy řídila, byly rozměry a požadovaná násobnost formy. Aby došlo k bezpečnému odformování výrobku bez jeho poškození, byly u formy použity posuvné tvarové jádra. Použití tvarových jader mělo také vliv na volbu násobnosti formy. Následně byl zvolen vyhřívaný vtokový systém, který sníží množství potřebného polymeru a odstraní potřebné operace na odstranění vtokové zbytku. Důležitou částí konstrukce vstřikovací formy bylo navržení vhodného temperačního systému, který musí zajistit rovnoměrné chlazení tvarových dutin. Posledním krokem konstrukce bylo navržení vyhadzovacího systému, který musel zabezpečit odformování výrobku bez jeho poškození. Na formu byly přidány zařízení pro bezpečný transport a manipulaci s formou. Při tvorbě vstřikovací formy byly využity normálie od firmy Hasco. Na závěr byl vybrán vhodný vstřikový stroj odpovídající parametrům vstřikovací formy.

Z vyhotoveného 3D modelu vstřikovací formy byla zhotovena výkresová dokumentace taktéž v programu CATIA V5R20.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SVORČÍK, V. *Polymery stručně*. [online]. 2011. Praha. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>
- [2] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN-technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [3] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů – teorie a praxe*. Praha: GradaPublishing, a.s., 2018. ISBN 978-80-271-0614-1
- [4] DUCHÁČEK, V. *Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2006. 280 s. ISBN 80-7080-617-6
- [5] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*. 2. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999.
- [6] BOBČÍK, L. a kol. *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Brno : UNIPLAST, 1999.
- [7] *Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti*. [online]. 2013. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm)
- [8] LENFELD, P. *Technologie II – 2. část (Zpracování plastů)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 978-80-7372-467-2
- [9] MENGES, G. a MICHAELI, W. a MOHREN, P. *How to make injection mold*. Munich: Hanser Publisher, 2001. ISBN 3-446-21256-6
- [10] BOBEK, J. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. Brno: CodeCreator, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-88058-65-6. [online] Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [11] STANĚK, M. přednášky z T5KF
- [12] MAŇAS, M a HELFŠTÝN, J. *Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikařské stroje. Díl 2*. VUT Brno, 1987,
- [13] ŘEHULKA, Z. *Konstrukce vylisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-833-5

- [14] NEUHÄUSL, E. *Vadyvýstřiků* [online]. Praha Dostupné z:  
<https://www.mmspektrum.com/vysledky-hledani.html?mwsearch=Vady+v%C3%BDst%C5%99ik%C5%AF&x=0&y=0>
- [15] OSSWALD, T. A. *Injectionmolding handbook. 2nd ed.* Munich, Germany: Carl HanserPublishers, 2008. ISBN 978-3-446-40781-7
- [16] KERKSTRA, R. a BRAMMER, S. *Injection molding advanced trouble shooting guide.* Munich: Hanser Publisher, 2018. ISBN 978-15-69906-45-3
- [17] HASCO [online] Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/>
- [18] ARBURG [online] Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

T <sub>g</sub>	Teplota skelného přechodu
T <sub>m</sub>	Teplota tání
T	Teplota
t	Doba
V	Objem
°C	Stupeň celsia
MPa	Megapascal
3D	Trojrozměrný
SVS	Studený vtokový systém
VVS	Vyhřívaný vtokový systém
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Příklad chemické reakce polymerace [1]</i> .....	11
<i>Obr. 2 Rozdělení polymerů [2]</i> .....	12
<i>Obr. 3 Nadmolekulární struktura polymerů [7]</i> .....	13
<i>Obr. 4 Cyklus vstřikování [10]</i> .....	17
<i>Obr. 5 Fontánový tok taveniny [11]</i> .....	17
<i>Obr. 6 Schéma vstřikovacího stroje [10]</i> .....	18
<i>Obr. 7 Vliv technických parametrů na vstřikování termoplastů na smrštění vstřikovaných dílů [10]</i> .....	21
<i>Obr. 8 Procesní okno [10]</i> .....	21
<i>Obr. 9 Dodání tepelné energie</i> .....	23
<i>Obr. 10 Studený vtokový systém [5]</i> .....	26
<i>Obr. 11 Vyhříváný vtokový systém [11]</i> .....	28
<i>Obr. 12 Přímou vyhříváné trysky a) s vnější vytápění b) s vnitřní vytápění [5]</i> .....	28
<i>Obr. 13 Závislost objemu na teplotě polymeru</i> .....	30
<i>Obr. 14 Válcový vyhazovač [17]</i> .....	31
<i>Obr. 15 Prizmatický vyhazovač [17]</i> .....	31
<i>Obr. 16 Trubkový vyhazovač [17]</i> .....	31
<i>Obr. 17 Model výrobku</i> .....	35
<i>Obr. 18 Katalog Hasco Dako Modul</i> .....	36
<i>Obr. 19 Dělicí roviny</i> .....	37
<i>Obr. 20 Tvárník a tvárnice</i> .....	38
<i>Obr. 21 Tvarové jádro a systém bočního odformování</i> .....	38
<i>Obr. 22 Násobnost formy</i> .....	39
<i>Obr. 23 Vyhříváný blok</i> .....	39
<i>Obr. 24 Temperační systém kotevní desky tvárníku</i> .....	40
<i>Obr. 25 Temperační systém kotevní desky tvárnice</i> .....	41
<i>Obr. 26 Temperace tvarového jádra</i> .....	41
<i>Obr. 27 Vyhazovací systém</i> .....	42
<i>Obr. 28 Detail ustavení polohy vyhazovačů</i> .....	42
<i>Obr. 29 Transportní pojistka a závěsné oko</i> .....	43
<i>Obr. 30 Pravá (vstřikovací) strana formy</i> .....	43
<i>Obr. 31 Levá (pohyblivá) strana formy</i> .....	44

---

*Obr. 32 Sestava formy* ..... 44  
*Obr.33 Vstřikovací stroj Allrounder 470 A [18]* ..... 45

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab.1 Vybrané vlastnosti materiálu LG ABS XG570 [PI]</i> .....	35
<i>Tab.2 Vybrané parametry vstřikovacího stroje [PII]</i> .....	45

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I Materiálový list vstřikovaného materiálu
- P II Parametry zvoleného vstřikovacího stroje Allrounder470 A
- P III Výkresová dokumentace - Výkres sestavy formy  
- Kusovník
- P IV CD obsahující: -Textovou část bakalářské práce  
- Model formy  
- Výkresovou dokumentaci

# PŘÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST VSTŘIKOVANÉHO MATERIÁLU

**SolutionPartner**



## ABS XG570

Injection Molding

### Description

Anti-Scratch, High Impact, High Flow

### Application

LCD TV Stand Base, Audio/Video Housing

Properties	Test Condition	Test Method	Unit	Typical Value
<b>Physical</b>				
Specific Gravity		ASTM D792	-	1.06
Molding Shrinkage (Flow), 3.2mm		ASTM D955	%	0.4 ~ 0.6
Melt Flow Rate	220 °C/10kg	ASTM D1238	g/10min	22
Water Absorption	23 °C, 24hrs	ASTM D570	%	0.3
<b>Mechanical</b>				
Tensile Strength, 3.2mm @ Yield	50mm/min	ASTM D638	kg/cm <sup>2</sup>	500
Tensile Elongation, 3.2mm @ Yield	50mm/min	ASTM D638	%	>6
@ Break	50mm/min		%	30
Tensile Modulus, 3.2mm	1mm/min	ASTM D638	kg/cm <sup>2</sup>	
Flexural Strength, 6.4mm	15mm/min	ASTM D790	kg/cm <sup>2</sup>	840
Flexural Modulus, 6.4mm	15mm/min	ASTM D790	kg/cm <sup>2</sup>	29,500
Tear Strength @ Break	50mm/min	ASTM D624	kg/cm	
IZOD Impact Strength, 6.4mm (Notched)	23 °C	ASTM D256	kg-cm/cm	18
	-30 °C		kg-cm/cm	10
IZOD Impact Strength, 3.2mm (Notched)	23 °C	ASTM D256	kg-cm/cm	18
	-30 °C		kg-cm/cm	10
Rockwell Hardness	R-Scale	ASTM D785	-	115
<b>Thermal</b>				
Heat Deflection Temperature, 6.4mm (Unannealed)	18.6kg	ASTM D648	°C	87
	4.6kg		°C	91
Heat Deflection Temperature, 3.2mm (Unannealed)	18.6kg	ASTM D648	°C	87
	4.6kg		°C	91
Flammability		UL94		
	1.6mm		class	HB
3.2mm	class	HB		
<b>Others</b>				
Ozone Resistance	5sec	JIS K6301	-	-

Note) Typical values are only for material selection purpose, and variation within normal tolerances are for various colors.

Values given should not be interpreted as specification and not be used for part or tool design.

All properties, except melt flow rate are measured on injection molded specimens and after 48 hours storage at 23°C, 50% relative humidity.

## ABS XG570

Injection Molding

### Description

Anti-Scratch, High Impact, High Flow

### Application

LCD TV Stand Base, Audio/Video Housing

### Processing Guide (Injection Molding)

Processing Parameters		Unit	Value
Drying Temperature		°C	80 ~ 90
Drying Time		hrs	3 ~ 4
Minimum Moisture Content		%	0.01
Melt Temperature		°C	200 ~ 220
Cylinder Temperature	Rear	°C	170 ~ 190
	Middle	°C	180 ~ 200
	Front	°C	190 ~ 210
Nozzle Temperature		°C	200 ~ 220
Mold Temperature		°C	40 ~ 60
Back Pressure		kg/cm <sup>2</sup>	300 ~ 600
Screw Speed		rpm	30 ~ 60

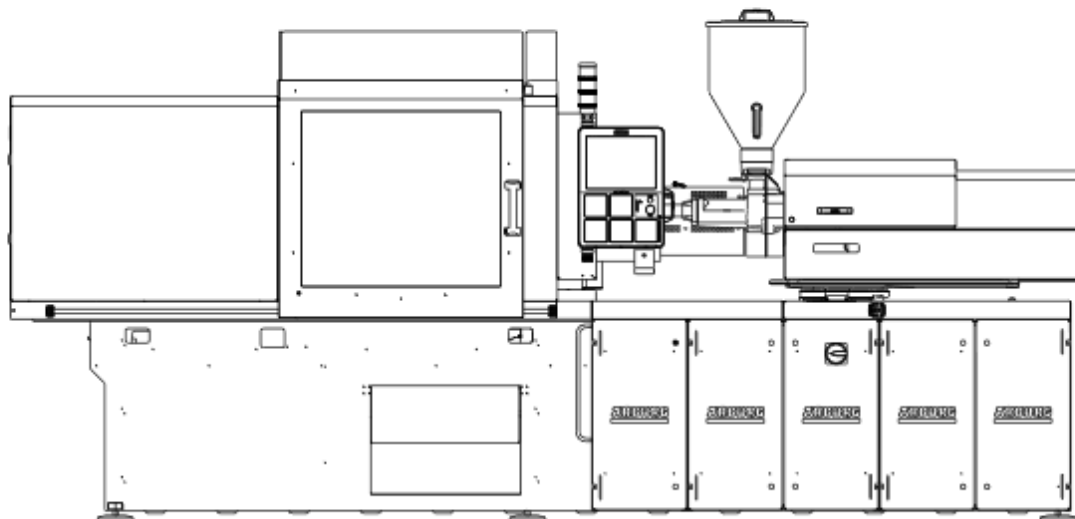
Note) Back Pressure & Screw Speed are only mentioned as general guidelines.

These may not apply or need adjustment in specific situations such as low shot sizes, thin wall molding and gas-assist molding.

Updated : 9-Nov-09

The information contained herein, including, but not limited to, data, statements and typical values, are given in good faith. LG Chem makes no warranty or guarantee, expressed or implied, (i) that the result described herein will be obtained under end-use conditions, or (ii) as to the effectiveness or safety of any design incorporating LG Chem materials, products, recommendations or advice. Further, any information contained herein shall not be construed as a part of legally binding offer. Especially, the typical values should be regarded as reference values only and not as binding minimum values. Each user bears full responsibility for making its own determination as to the suitability of LG Chem's materials, products, recommendations, or advice for its own particular use. Each user must identify and perform all tests and analyses necessary to assure that its finished parts incorporating LG Chem material or products will be safe and suitable for use under end-use conditions. The data contained herein can be changed without notice as a result of the quality improvement of the products.

## PŘÍLOHA P II: PARAMETRY VSTŘIKOVACÍHO STROJE ARBURG ALLROUNDER 470 A



### ALLROUNDER 470 A

Distance between tie bars: 470 x 470 mm

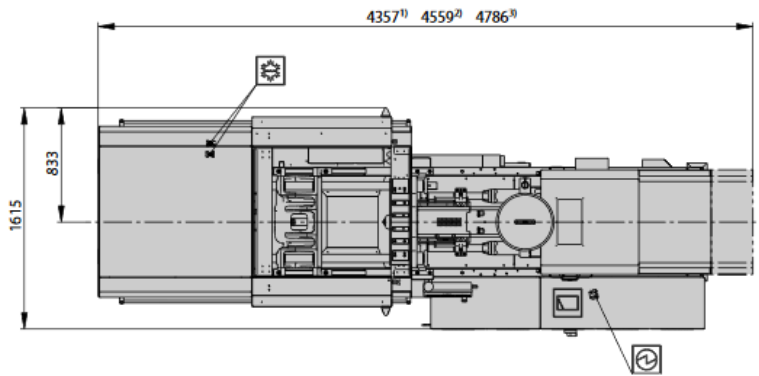
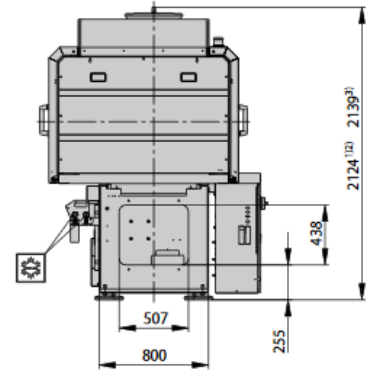
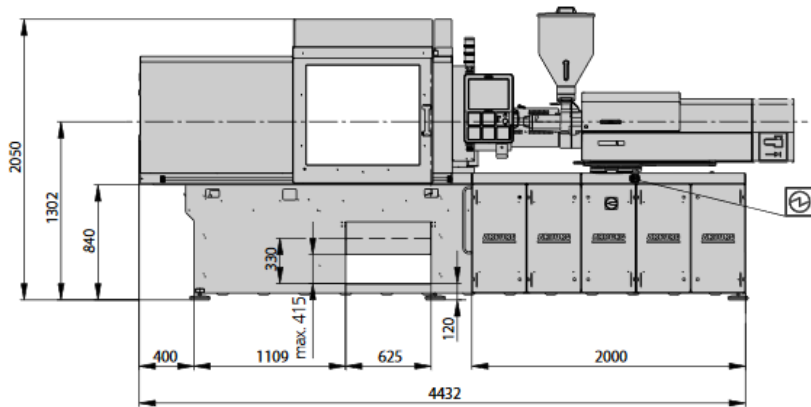
Clamping force: 1000 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 170, 290, 400

**ARBURG**



# MACHINE DIMENSIONS | 470 A



Electrical connection



Cooling water connection

- 1) injection unit 170
- 2) injection unit 290
- 3) Injection unit 400

## TECHNICAL DATA | 470 A

Clamping unit		470 A	
with clamping force	max. kN	1000	
Opening force   stroke	max. kN   mm	---   350	
Mould height, fixed   variable	min.-max. mm	---   250-500	
Platen daylight fixed   variable	max. mm	---   600-850	
Distance between tie bars (w x h)	mm	470 x 470	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	637 x 637	
Weight of movable mould half	max. kg	760	
Ejector force   stroke	max. kN   mm	40   175	
Dry cycle time EUROMAP 2	Version L1	min. s - mm	1,4 - 329
	Version L2	min. s - mm	0,9 - 329

Injection unit		170			290			400			
with screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45	
Effective screw length	L/D	24	20	17	23,3	20	17,5	23	20	18	
Screw stroke	max. mm	120			150			160			
Calculated stroke volume	max. cm <sup>3</sup>	59	85	115	106	144	188	154	201	254	
Shot weight	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232	
Material throughput	max. kg/h PS	10	13,5	16	17	20,5	24,5	25	29	35	
	max. kg/h PA6.6	5	7	8	8,5	10,5	12,5	12,5	15	17,5	
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1470	2500	2000	1530	2500	2000	1580	
Holding pressure	max. bar	2310	1600	1170	2180	1600	1220	2090	1600	1260	
Injection flow 2	Version L1	max. cm <sup>3</sup> /s	79	114	155	98	134	175	125	164	207
	Version L2	max. cm <sup>3</sup> /s	148	214	290	212	288	376	241	314	398
Screw circumferential speed 2	max. m/min	50	60	70	51	60	69	53	60	68	
Screw torque	max. Nm	210	250	290	320	380	430	480	550	610	
Nozzle contact force   retraction stroke	max. kN   mm	50   300			50   300			60   300			
Heating capacity   zones	kW	9,4   5			6,4   5			9,4   5			
Feed hopper	l	50			50			50			

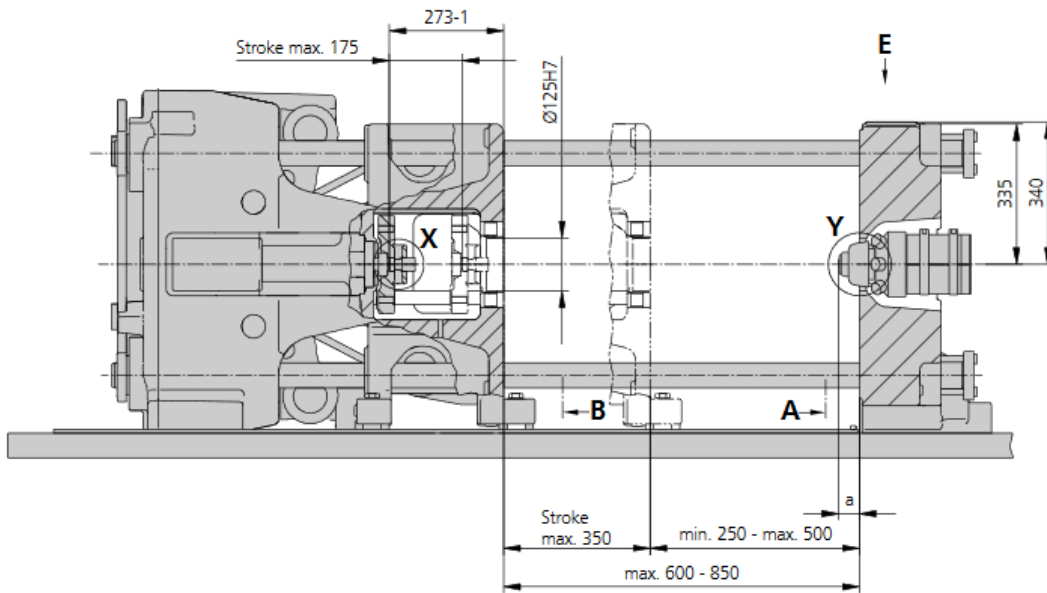
Drive and connection		Version L1			Version L2			
with injection unit		170	290	400	170	290	400	
Net weight of machine	kg	5220	5280	5400	5220	5280	5400	
Sound press. level   Insecurity 4	dB(A)	66   3			66   3			
Electrical connection 3	kW	21	22	27	26	26	32	
	Total	A	63	63	80	80	80	
	Machine	A	---			---		
	Heating	A	---			---		
Cooling water connection	max. °C	30			30			
	min. Δp bar	1,5   DN 25			1,5   DN 25			

Machine type	
with EUROMAP size designation 1	Drive
470 A 1000-170   290   400	L1   L2

Upon request: other machine types and mould installation heights, screws, drive powers etc.  
All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

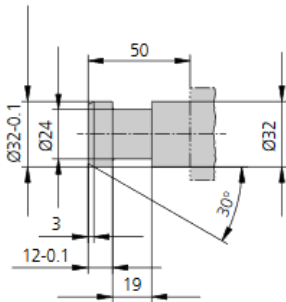
- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm<sup>3</sup>) x max. injection pressure (kbar)
  - 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
  - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
  - 4) Emission sound pressure level at the workplace. Detailed information in the operating instructions.
- [ ] Specifications apply to alternative equipment.

# MOULD INSTALLATION DIMENSIONS, VARIANT L1 / L2 | 470 A

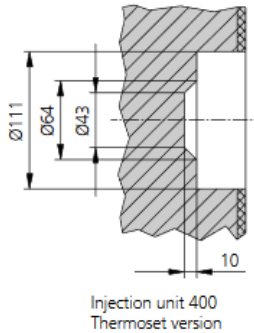
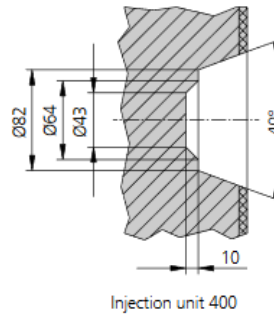
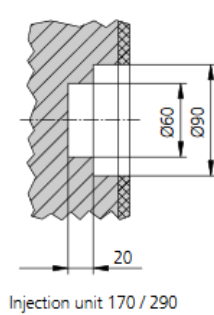


a max.	Injection unit	
	170 / 290	400
Standard	40	50
Thermoset	20	50

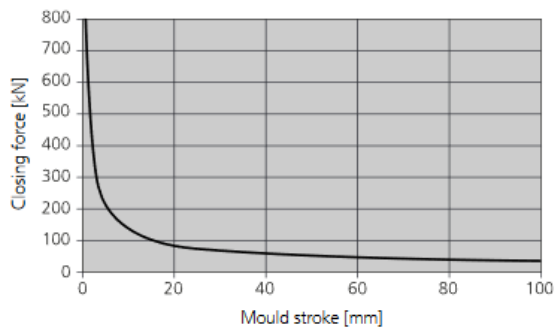
## Ejector bolt | X



## Bore in mould (if required) | Y

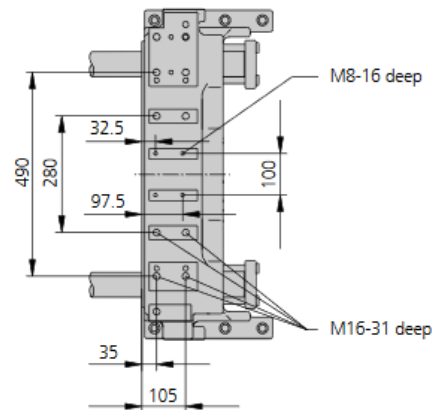


## Closing force for spring moulds / during injection compression moulding\*



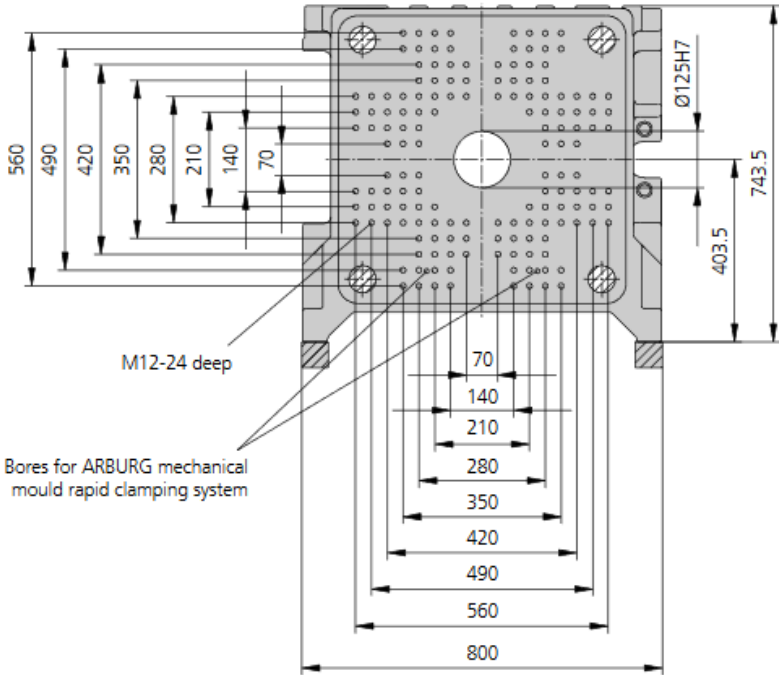
\* automatic locking force adjustment up to 20 kN

## Robotic system mounting | E

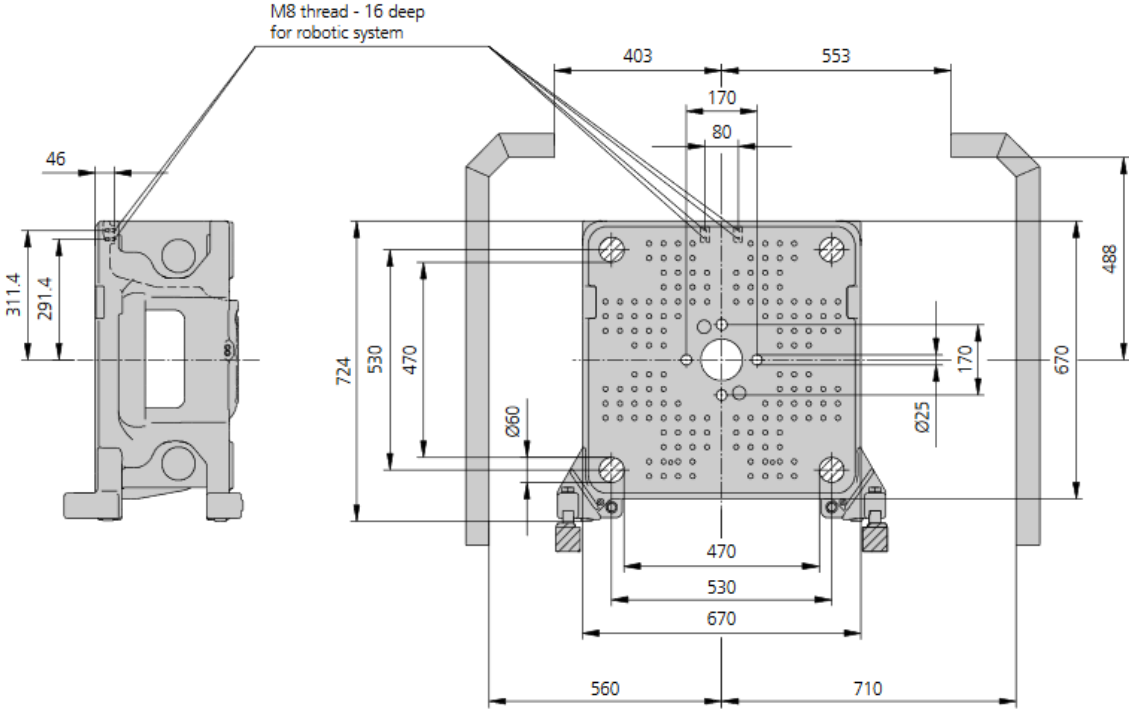


# MOULD INSTALLATION DIMENSIONS, VARIANT L1 / L2 | 470 A

## Fixed mould mounting platen | A



## Moving mould mounting platen | B



# SHOT WEIGHTS | 470 A

## Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		170			290			400		
Screw diameter	mm	25	30	35	30	35	40	35	40	45
Polystyrene	max. g PS	54	77	105	97	132	172	141	184	232
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	53	76	103	95	129	168	137	179	227
	max. g SAN, ABS <sup>1)</sup>	52	74	101	93	126	165	135	176	223
Cellulose acetate	max. g CA <sup>1)</sup>	61	87	119	109	148	194	158	207	262
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB <sup>1)</sup>	56	81	110	101	138	180	147	192	243
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	56	80	109	100	136	178	145	190	240
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polycarbonate	max. g PC	57	81	111	102	139	181	148	193	244
Polysulphone	max. g PSU	58	84	115	105	143	187	153	199	252
Polyamides	max. g PA 6.6   PA 6 <sup>1)</sup>	53	77	104	96	131	171	140	183	231
	max. g PA 6.10   PA 11 <sup>1)</sup>	50	72	98	90	122	160	131	171	216
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	66	96	130	120	163	213	174	227	287
Polyethylene terephthalate	max. g PET	64	92	126	115	157	205	167	219	277
Polyethylene	max. g PE-LD	41	59	80	73	100	130	106	139	176
	max. g PE-HD	42	60	82	76	103	134	110	143	181
Polypropylene	max. g PP	43	62	84	77	105	137	112	146	185
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE <sup>1)</sup>	86	124	169	155	211	276	225	294	372
	max. g ETFE	76	109	148	136	185	242	196	256	324
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	65	94	127	117	159	208	170	222	281
	max. g PVC-P <sup>1)</sup>	60	87	118	108	147	192	157	205	260

1) average value

**ARBURG GmbH + Co KG**  
 Arthur-Hehl-Strasse  
 72290 Lossburg  
 Tel.: +49 7446 33-0  
 www.arburg.com  
 contact@arburg.com

680078\_EN\_GB\_092019 - Subject to alterations